

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VINAGRE DE
MANZANA EN EL CASERÍO DE AZPITIA – LIMA, Y ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD PARA DISEÑO A ESCALA DE MICRO EMPRESA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

ELABORADO POR

FERNANDO DANIEL DE LA CRUZ ACOSTA

ERICK YAMPIER TORRES BERROSPÍ

ASESORA

ING. TARSILA TUESTA CHÁVEZ

LIMA- PERÚ

2017

DEDICATORIA

A mis padres,
por ser mi soporte en momentos difíciles.

A mi familia y amigos,
por su apoyo incondicional.

Fernando

A mis hijos, por ser mi inspiración.

A mis padres, por su apoyo incondicional.

A mi esposa y familiares, por motivarme continuamente.

Yampier

AGRADECIMIENTO

Debemos agradecer de manera muy especial y sincera a nuestra asesora, la Ing. Tarsila Tuesta Chávez, por su respaldo académico, y su esmerado y dedicado apoyo en el planteamiento, desarrollo y culminación de la presente tesis.

También nos gustaría agradecer mucho a la Ing. María Elisa García Salas por su desinteresado apoyo y desprendimiento en el presente proyecto, además de ser el nexo en el proyecto para conocer en forma vivencial la realidad de la comunidad de Azpitia.

Hacemos presente nuestro agradecimiento sincero a nuestro querido profesor el Ing. Gilberto García Galloza, el cual gracias a su vasta experiencia nos guió de la mejor manera a lo largo de la tesis. De igual manera agradecemos al Ing. Jonnatan Bañon Arias, quien en el transcurso del trabajo nos asesoró oportunamente gracias a su conocimiento en el campo de alimentos. Así mismo un agradecimiento a todo el Grupo de Alimentos de la FIQT, por su participación y apoyo a los tesisistas en el trabajo en el Lab. 11 de la facultad.

También agradecemos el apoyo de la especialista en vinificación, la Ing Beatriz Hatta Sakoda, por su orientación para la consecución del presente proyecto.

Finalmente agradecemos a los profesores y personal que labora en la FIQT, los cuales nos apoyaron de alguna u otra manera en el desarrollo del trabajo.

RESUMEN

En el valle de Mala, los agricultores utilizan una modificación del método Orleans para producir vinagre a partir de manzana de segunda calidad variedad Delicious de Viscas, con resultados muy variables. En el presente proyecto, se optimizó el proceso de producción, planteando 2 diseños experimentales enfocados en cada una de las fermentaciones presentes: alcohólica y acética. La concentración de azúcar del mosto de manzana y la concentración de inóculo de levadura tienen un efecto significativo en el tiempo de fermentación alcohólica a un nivel de confianza del 95 %. Así mismo, se concluyó que la disposición de rejilla para la madre del vinagre y el porcentaje de acidez inicial no tienen efectos significativos en el tiempo de fermentación acética a un nivel de confianza del 95 %. Como resultado de los diseños experimentales, se obtuvieron condiciones óptimas de los dos factores de la fermentación alcohólica así como de los dos factores de la fermentación acética, manteniendo la temperatura y el pH en rangos constantes. La reducción de tiempos de fermentación es la principal evidencia de optimización del proceso de elaboración, siendo los tiempos finales 38 y 42 horas para la fermentación alcohólica y acética respectivamente. Por otro lado, se realizó un estudio de factibilidad para instalar una planta de vinagre de manzana a escala micro empresa, concluyendo que el proyecto es rentable tanto económicamente como financieramente.

ABSTRACT

In the valley of Mala, farmers use a modified Orleans method to produce vinegar from second quality apple of the Delicious of Viscas variety, with very variable results. In the present project, the production process was optimized, proposing 2 experimental designs focused on each of the fermentations: alcoholic and acetic. The concentration of apple must sugar and the yeast inoculum concentration has a significant effect on the alcoholic fermentation at a 95 % of confidence level. Also, it was concluded that the grid arrangement for the vinegar mother and the initial acidity percentage did not have significant effects on the acetic fermentation time at a 95 % confidence level. As a result of the experimental designs, optimum conditions were obtained for the two factors of alcoholic fermentation as well as for the two factors of acetic fermentation, maintaining temperature and pH in constant ranges. The reduction of fermentation times is the main evidence of optimization of the processing process, with final times of 38 and 42 hours for alcoholic and acetic fermentation respectively. On the other hand, a feasibility study was carried out to install an apple vinegar plant at a small business scale, concluding that the project is profitable both economically and financially.

PRÓLOGO

El presente trabajo se desarrolla en busca de la optimización del proceso de producción del vinagre de manzana utilizando materia prima de segunda calidad y elabora un estudio de factibilidad para la instalación de una planta de producción de vinagre de manzana en el caserío de Azpitia a escala microempresa.

En el capítulo 1 se plantea la situación problemática, con el fin de conocer los inconvenientes y oportunidades de los pobladores del caserío de Azpitia con respecto a la producción de manzana que llevan a cabo. Así mismo encontramos los objetivos y las hipótesis, los cuales aterrizan de manera concreta lo que se intenta conseguir con el presente trabajo.

En el capítulo 2 se mencionan los antecedentes que están relacionados y que sirvieron como inspiración al presente proyecto. Por su parte, en el capítulo 3 se presenta la información teórica y se dan detalles de la materia prima y del proceso de producción del vinagre. En el capítulo 4 se analiza el proceso de producción de vinagre de manzana en Azpitia. Por su parte, el capítulo 5 propone las mejoras del proceso de producción de vinagre de manzana en Azpitia y establece las condiciones óptimas de operación.

Como parte concluyente del proyecto, en el capítulo 6, se propone el estudio de factibilidad para diseño de la planta producción de vinagre de manzana a escala microempresa en el caserío de Azpitia

Finalmente, en los capítulos finales 7 y 8 se proponen las conclusiones y recomendaciones generales del presente trabajo, tanto para la optimización del proceso productivo como para el estudio de factibilidad.

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
A) Objetivos generales.....	2
B) Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis de la optimización del proceso productivo.....	3
A) Hipótesis general.....	3
B) Hipótesis específicas.....	3
1.4 Variables de la optimización del proceso productivo.....	4
A) Independientes.....	4
B) Dependientes.....	4
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE ANTECEDENTES REFERENCIALES.....	5
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 Manzana.....	7
3.1.1 Generalidades.....	7
3.1.2 Producción de manzanas en el caserío de Azpitia.....	11
3.2 Vinagre.....	17
3.2.1 Definición de vinagre.....	17
3.2.2 Composición química.....	18
3.2.3 Tipos de vinagre.....	20
3.2.4 Usos y aplicaciones.....	21
3.2.5 Elaboración de vinagre.....	22
3.2.5.1 Proceso básico de elaboración.....	22
3.2.5.2 Métodos de elaboración de vinagre.....	46

3.2.5.3 Cinética de las fermentaciones.....	46
CAPÍTULO 4. ELABORACIÓN ARTESANAL DE VINAGRE EN EL CASERÍO DE AZPITIA.....	55
4.1 Caracterización de la materia prima.....	55
4.2 Descripción del proceso.....	60
4.3 Equipos utilizados.....	65
4.4 Producto final artesanal.....	66
4.4.1 Características fisicoquímicas.....	66
4.4.2 Características microbiológicas.....	66
CAPÍTULO 5. OPTIMIZACIÓN Y MEJORA AL PROCESO ARTESANAL.....	69
5.1 Corridas experimentales preliminares.....	69
5.2 Corridas experimentales.....	70
5.3 Corrida de verificación.....	84
5.4 Método del proceso mejorado.....	86
5.5 Cinética de la fermentación alcohólica.....	98
5.6 Instrumentos de monitoreo de proceso.....	107
5.7 Formato de control de proceso.....	107
5.8 Ambiente de trabajo.....	108
5.9 Manejo de residuos sólidos y efluentes.....	108
CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA TIPO BATCH PARA UNA MICROEMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTORA DE VINAGRE DE MANZANA.....	109
6.1 Introducción.....	109
6.2 Estudio de mercado.....	109
6.2.1. Análisis de la demanda.....	109

6.2.2. Análisis de la oferta.....	113
6.2.3. Sistema de comercialización.....	117
6.3 Ingeniería del Proyecto.....	118
6.3.1. Descripción general del proceso.....	118
6.3.2. Capacidad de planta.....	119
6.3.3. Requerimiento de producción.....	121
6.3.4. Localización.....	127
6.3.5. Tamaño.....	128
6.4 Evaluación Económica.....	129
6.4.1. Inversión.....	129
6.4.2. Financiamiento.....	130
6.4.3. Servicio de la deuda.....	130
6.4.4. Presupuesto de ingresos y gastos.....	132
6.4.5. Punto de equilibrio.....	135
6.4.6. Estados económico y financiero.....	135
6.4.7. Indicadores de rentabilidad.....	139
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	142
CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES GENERALES.....	144
CAPÍTULO 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	145
CAPÍTULO 10. ANEXOS.....	151
Anexo 1. Encuesta sobre el consumo de vinagre de fruta.....	151
Anexo 2. Resultados de la encuesta - pregunta 1.....	152
Anexo 3. Resultados de la encuesta - pregunta 4, 5 y 6.....	152
Anexo 4. Resultados de la encuesta - pregunta 9.....	152
Anexo 5. Cálculo del consumo anual promedio por cada unidad.....	153
Anexo 6. Análisis FODA para la organización productora de vinagre	

de manzana.....	154
Anexo 7. Diagramas de operaciones para la producción de vinagre de manzana.....	156
Anexo 8. Presupuesto de compras (S/.).....	160
Anexo 9. Consumo de materia prima e insumos (S/.).....	161
Anexo 10. Presupuesto de mano de obra directa (S/.).....	162
Anexo 11. Presupuesto de mano de obra indirecta (S/.).....	162
Anexo 12. Presupuesto de servicios (S/.).....	164
Anexo 13. Presupuesto de gastos de depreciación (S/.).....	164
Anexo 14. Presupuesto de gastos de depreciación (S/.).....	165
Anexo 15. Presupuesto de gastos administrativos - sueldos (S/.).....	165
Anexo 16. Presupuesto de gastos administrativos – Amortización Depreciación (S/.).....	166
Anexo 17. Presupuesto gastos administrativos otros (S/.).....	167
Anexo 18. Presupuesto de gastos de ventas -sueldos (S/.).....	167
Anexo 19. Presupuesto de gastos de ventas - depreciación (S/.).....	168
Anexo 20. Presupuesto gastos de ventas otros (S/.).....	168
Anexo 21. Presupuesto de servicios- administración y ventas (S/.).....	168
Anexo 22. Flujo de efectivo - Año 1 (S/.).....	169
Anexo 23. Cálculo de la variación del capital de trabajo (S/.).....	170
Anexo 24. Rendimientos de etapa de extracción en el proceso artesanal 2015.....	171
Anexo 25. Control de % acidez de vinagre en proceso artesanal 2015.....	171
Anexo 26. Corridas experimentales preliminares 2016.....	172
Anexo 27. Resultados de análisis de materia prima y vinagre con método artesanal.....	176
Anexo 28. Resultados de análisis de vinagre con método optimizado.....	179

Anexo 29. Métodos y normas para el análisis fisicoquímico delvinagre.....	180
Anexo 30. Formato para el registro de corridas.....	182
Anexo 31. Diagrama de procesos.....	183
Anexo 32. Aditivos del vinagre.....	184
Anexo 33. Composición del vinagre según norma técnica europea.....	184
Anexo 34. Composición microbiológica del vinagre.....	185
Anexo 35. Características físico-químicas del vinagre de vino.....	185
Anexo 36. Métodos históricos de elaboración de vinagre.....	186
Anexo 37. Fermentador acético de laboratorio – método sumergido.....	191
Anexo 38. AcetatorFrings de acero inoxidable.....	191
Anexo 39. Métodos utilizados para determinación de características microbiológicas de producto terminado.....	192
Anexo 40. Eficiencia de la parte experimental – Fase cortado de corazón.	192
Anexo 41. Eficiencia de la parte experimental – Fase extracción.....	192
Anexo 42. Eficiencia de la parte experimental – Fase filtración.....	193
Anexo 43. pH promedio en fermentación alcohólica.....	193
Anexo 44. pH promedio en fermentación acética.....	193
Anexo 45. Plano de planta.....	194

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Composición química de la manzana Red Delicious según diversos autores.....	8
Tabla 3.2 Clasificación taxonómica de la manzana.....	9
Tabla 3.3 Clasificación de las manzanas para obtener sidra.....	10
Tabla 3.4 Producción de manzana en la provincia de Cañete en el periodo 1997-2003.....	12
Tabla 3.5 Hectáreas de manzano en los distritos del valle manzana.....	14
Tabla 3.6 Principales cultivos del distrito de Santa Cruz de Flores.....	15
Tabla 3.7 Composición cualitativa del vinagre de manzana.....	19
Tabla 3.8 Composición del vinagre.....	20
Tabla 3.9 Tipos de Vinagre según materia prima utilizada.....	21
Tabla 3.10 Composición del mosto de manzana.....	25
Tabla 3.11 Tiempos de duplicación característicos.....	51
Tabla 4.1 Etapa de extracción en el proceso artesanal 2015.....	58
Tabla 4.2 Métodos utilizados para determinación de características fisicoquímicas de materia prima	59
Tabla 4.3 Métodos por utilizar para determinación de características microbiológicas de materia prima.....	60
Tabla 4.4 Corrida 2014 Fermentación acética.....	66
Tabla 4.5 Operaciones: equipos, herramientas, parámetros controlados e instrumentos.....	67
Tabla 4.6 Métodos utilizados para determinación de características fisicoquímicas de producto terminado artesanal.....	68
Tabla 5.1 Diseño experimental por el método de Superficie de Respuesta para evaluar tiempos de fermentación alcohólica.....	70

Tabla 5.2	Combinaciones para evaluar el tiempo de fermentación acética óptimo – Diseño bloque completamente al azar.....	71
Tabla 5.3	Fermentación utilizando 0g de levadura.....	72
Tabla 5.4	Fermentación utilizando 1g de levadura.....	73
Tabla 5.5	Fermentación utilizando 2g de levadura.....	74
Tabla 5.6	Corridas experimentales fermentación acética.....	76
Tabla 5.7	Análisis de varianza –Fermentación alcohólica.....	76
Tabla 5.8	Coeficientes de regresión: inversa de tiempo de fermentación	77
Tabla 5.9	Respuesta óptima.....	77
Tabla 5.10	Análisis de varianza tiempo de fermentación - Suma de cuadrados.....	80
Tabla 5.11	Mínimos cuadrados promedio para tiempo de fermentación con 95.0 % de intervalo de confianza	81
Tabla 5.12	Pruebas de rango múltiple para tiempo de fermentación por % acidez inicial.....	81
Tabla 5.13	Comparación entre los % de acidez inicial de fermentación acética.....	81
Tabla 5.14	Corrida óptima alcohólica (del 25 al 27 Enero 2017).....	84
Tabla 5.15	Corrida óptima acética (del 25 al 27 Enero 2017).....	85
Tabla 5.16	Consumo de sustrato (azúcares) Prueba A.....	99
Tabla 5.17	Consumo de sustrato (azúcares) Prueba B.....	100
Tabla 5.18	Valores calculados de S (concentración de sustrato) con respecto al tiempo para la prueba A y la prueba B.....	102
Tabla 5.19	Formación de producto A (etanol).....	105
Tabla 5.20	Formación de producto B (etanol).....	106
Tabla 6.1	Demanda anual estimada de vinagre (en litros) en Lima Metropolitana.....	110
Tabla 6.2	Proyección actual de la demanda del vinagre de manzana.....	111

Tabla 6.3	Cálculo de la proyección de la demanda de vinagre de manzana.....	111
Tabla 6.4	Proyección de la demanda potencial anual de vinagre de manzana en Lima Metropolitana.....	112
Tabla 6.5	Mercado total proyectado o demanda total.....	112
Tabla 6.6	Pronóstico de ventas.....	113
Tabla 6.7	Matriz FODA aplicado a la organización.....	114
Tabla 6.8	Matriz MEFI, para el análisis de los factores internos.....	115
Tabla 6.9	Matriz MEFI, para el análisis de factores ambientales o externos.....	116
Tabla 6.10	Cálculo de la capacidad instalada.....	120
Tabla 6.11	Eficiencia para cada etapa.....	121
Tabla 6.12.	Capacidad real de producción.....	121
Tabla 6.13	Requerimiento de máquinas y equipos.....	122
Tabla 6.14	Requerimiento anual de materia prima e insumos.....	124
Tabla 6.15	Requerimiento de energía eléctrica (kWh).....	125
Tabla 6.16	Requerimiento de agua para el proceso.....	126
Tabla 6.17	Requerimiento de mano de obra.....	127
Tabla 6.18	Inversión Total.....	129
Tabla 6.19	Programa de pago de la deuda – inversión fija (S/.).....	131
Tabla 6.20	Programa de pago de la deuda – capital de trabajo (S/.).....	131
Tabla 6.21	Programa de pago de la deuda – Resumen (S/.).....	132
Tabla 6.22	Costo de capital promedio ponderado.....	132
Tabla 6.23	Presupuesto de ventas.....	133
Tabla 6.24	Presupuesto de producción.....	133
Tabla 6.25	Presupuesto de costos de producción (S/.).....	134
Tabla 6.26	Presupuestos de gastos administrativos y de ventas(S/.).....	134
Tabla 6.27	Estructura de costos.....	135

Tabla 6.28 Punto de equilibrio.....	136
Tabla 6.29 Estado de ganancias y pérdidas económico (S/.).....	136
Tabla 6.30 Estado de ganancias y pérdidas financiero (S/.).....	137
Tabla 6.31 Flujo de caja económico (S/.).....	138
Tabla 6.32 Flujo de caja financiero (S/.).....	138
Tabla 6.33 Valor Actual Neto económico.....	139
Tabla 6.34 Tasa interna de retorno económico.....	139
Tabla 6.35 Valor Actual Neto financiero.....	140
Tabla 6.36 Tasa interna de retorno financiero.....	140
Tabla 6.37 Análisis de sensibilidad disminuyendo las variables precio de ventas y volumen de ventas.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Cultivo del manzano en ciclos productivos intensivos.....	10
Figura 3.2 Alternativas de procesamiento de la manzana.....	11
Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de producción del mosto alcohólico.....	23
Figura 3.4 Diagrama de flujo del proceso de producción del vinagre de manzana.....	34
Figura 3.5 Influencia de concentración de etanol y ácido acético sobre el crecimiento bacteriano de Acetobacter Aceti	41
Figura 3.6. Curva de crecimiento en cultivo por lotes.....	49
Figura 4.1 Manzana variedad Pachacamac.....	55
Figura 4.2 Manzana variedad Delicia.....	56
Figura 4.3 Vista satelital del terreno de plantaciones de manzana.....	57
Figura 4.4 Mapa de ubicación de Azpitia (en rojo).....	57
Figura 4.5 Vista longitudinal del terreno de plantaciones de manzana	58
Figura 4.6 Plantaciones de manzana en huerto - Azpitia.....	59
Figura 4.7 Diagrama de flujo del proceso artesanal de elaboración del vinagre de manzana	61
Figura 4.8 Extracto de manzana antes de iniciar la fermentación alcohólica.....	62
Figura 4.9 Mosto alcohólico de manzana en proceso.....	64
Figura 4.10 Vinagre iniciador.....	64
Figura 4.11 Fermentador acético.....	65
Figura 5.1 Fermentación utilizando 0 g de levadura.....	71
Figura 5.2 Fermentación utilizando 1 g de levadura.....	72
Figura 5.3 Fermentación utilizando 2 g de levadura.....	73
Figura 5.4 Corridas experimentales fermentación acética.....	75

Figura 5.5	Diagrama de Pareto del nivel de significancia de los factores en la variable respuesta.....	78
Figura 5.6	Superficie de respuesta estimada.....	78
Figura 5.7	Curvas de nivel de la superficie de respuesta.....	79
Figura 5.8	Medias e intervalos de 95 % de diferencia significativa mínima.....	80
Figura 5.9	Gráfica del Análisis de varianza.....	82
Figura 5.10	Gráfico de dispersión del % acidez inicial.....	83
Figura 5.11	Corrida óptima alcohólica (del 25 al 27 Enero 2017).....	85
Figura 5.12	Corrida óptima acética (del 25 al 27 Enero 2017).....	86
Figura 5.13	Diagrama de bloques del proceso óptimo.....	87
Figura 5.14	Materia prima Delicia verde.....	88
Figura 5.15	Materia prima Delicia pequeña.....	88
Figura 5.16	Materia prima Delicia helada.....	88
Figura 5.17	Pesado de materia prima.....	89
Figura 5.18	Trozado.....	90
Figura 5.19	Extracción del mosto.....	91
Figura 5.20	Levadura utilizada.....	92
Figura 5.21	Fermentador alcohólico.....	93
Figura 5.22	Toma de muestras de mosto.....	93
Figura 5.23	Medición de grados Brix.....	94
Figura 5.24	Filtración del mosto alcohólico.....	95
Figura 5.25	Fermentadores acéticos.....	96
Figura 5.26	Titulación ácido-base.....	96
Figura 5.27	Segunda filtración	97
Figura 5.28	Pasteurización.....	97
Figura 5.29	Envasado.....	98
Figura 5.30	Consumo de sustrato (azúcares).....	101

Figura 5.31	Curvas en la fase exponencial.....	103
Figura 5.32	Formación de producto etanol.....	104
Figura 6.1	Diagrama básico del proceso productivo de vinagre de manzana.....	119

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El caserío de San Vicente de Azpitia, ubicado en el distrito de Santa Cruz de Flores – Provincia de Cañete – Región de Lima, es una zona caracterizada por la siembra de manzanas de la variedad Delicia, Pachacamac, entre otras. Los pobladores de dicha zona se dedican de manera familiar a las labores agrícolas, principalmente al cultivo en huerto de la manzana y de la uva. La principal dificultad de los agricultores que comercializan manzanas es el manejo de sus productos de segunda calidad (manzanas no aptas para venta por tamaño de fruto y/o afectadas por plagas o enfermedades) y que no pueden ser vendidos; esto representa básicamente el 15 % de su producción total.

La elaboración de vinagre de manzana, a partir de estos frutos no conformes, con fines gastronómicos y/o terapéuticos, representa para ellos una alternativa comercial. Para ello utilizan un proceso artesanal y, en algunos casos, estacional debido al ciclo productivo de las variedades de manzana cultivada. Dicho proceso, en la mayoría de casos, no está validado, es decir, no consiguen repetitividad en los resultados en lo concerniente a concentración final de ácido acético y propiedades organolépticas del vinagre.

Como resultado del desarrollo del presente proyecto se ofrecerá un proceso tecnificado, teniendo como resultado el establecimiento de parámetros óptimos de tecnología de proceso y una propuesta de tecnología de equipos, y, de esta manera, mejorar tiempos de producción, mantener parámetros de calidad del producto, estandarizar el proceso y minimizar costos de producción.

Además, el desarrollo del proyecto contempla el estudio técnico-económico de factibilidad para el diseño de una planta a escala microempresa. De esta manera se propondrá una alternativa potencial de desarrollo de la agroindustria al alcance de la inversión de los agricultores de la comunidad de Azpitia.

1.2. Objetivos

A) Objetivos generales

- Optimizar el proceso productivo del vinagre de manzana a partir de materia prima proveniente del caserío de Azpitia, determinando y controlando sus factores operacionales.
- Realizar un estudio de factibilidad de una planta de producción de vinagre de manzana tipo batch a escala microempresa, utilizando como materia prima la variedad Delicia de segunda calidad del caserío de Azpitia.

B) Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la producción artesanal en el caserío de Azpitia con el fin de reconocer las variables y factores operacionales.
- Realizar pruebas preliminares para analizar métodos de conservación del producto en proceso, así como para reproducir y analizar las fermentaciones involucradas.
- Realizar las pruebas experimentales que servirán para definir las condiciones óptimas de operación tanto para la fermentación alcohólica como para la fermentación acética.
- Realizar las pruebas de verificación con las condiciones óptimas de operación.

- Reemplazar y/o mejorar la tecnología de equipo actualmente utilizada, que incluya el uso de instrumentos de análisis físico-químico mínimos indispensables.
- Ofrecer un procedimiento de elaboración de vinagre de manzana desde la selección de materia prima hasta el envasado del producto final.
- Realizar un estudio técnico-económico aplicable a la realidad de los productores en el caserío de Azpitia.
- Producir un vinagre que se ajuste a las necesidades esenciales de composición y calidad solicitadas por el mercado culinario y terapéutico de Lima Metropolitana, incluyendo un método de conservación que garantice un tiempo de vida útil que permita ofrecer un producto competitivo.

1.3. Hipótesis de la optimización del proceso productivo

A) Hipótesis general

El proceso de producción de vinagre de manzana se puede acelerar determinando parámetros óptimos de proceso.

B) Hipótesis específicas

B.1) Hipótesis de la fermentación alcohólica

La concentración de azúcar inicial del mosto de manzana y la concentración de levadura inoculada tienen influencia significativa en el tiempo de fermentación.

B.2) Hipótesis de la fermentación acética

La acidez inicial del mosto alcohólico y la disposición de la madre de vinagre dentro del fermentador tienen influencia significativa en el tiempo de fermentación.

1.4. Variables de la optimización del proceso productivo

A) Independientes

A.1) Cantidad de azúcar en manzana (grados Brix) al inicio de la fermentación alcohólica.

A.2) Cantidad de levadura inoculada (gramos) para la fermentación alcohólica.

A.3) Disposición de rejilla en fermentador acético.

A.4) Acidez inicial (expresada %p/v de ácido acético) el inicio de fermentación acética.

B) Dependientes

B.1) Tiempo de la fermentación alcohólica

B.2) Tiempo de la fermentación acética

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE ANTECEDENTES REFERENCIALES

Erazo *et al.* (2001) elaboró un vinagre a partir de jugo de manzana por fermentación sumergida a temperatura ambiente. Realizó la fermentación alcohólica usando una levadura *Saccharomyces Cerevisae*, variedad *Ellipsoideus*. En segundo lugar, desarrolló una fermentación acética con *Acetobacter*. El rendimiento global del proceso, tomando como base la materia prima fue de 52 %. El producto obtenido tuvo una acidez de 6,8 % expresado en ácido acético. Por su parte Neyra (1990) elaboró vinagre tinto a partir de beterraga estableciendo los siguientes parámetros de operación: pH óptimo y % de fosfato de amonio antes de la fermentación acética, mejor nutriente y acidez óptima al inicio de la fermentación acética y, el mejor clarificante y cantidad de sulfito para el producto final. Estos se determinaron mediante diseños experimentales.

Por otro lado, Hosaka *et al* (2000) elaboró un estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de vinagre de piña para el mercado de Lima Metropolitana, en el cual obtuvo, para una tasa de descuento de 25 %, un TIRE de 41,65 %; y obtuvo, para una tasa de descuento de 15,24 %, un TIRF de 62,41 %. Según lo anterior, el proyecto resultó rentable. Así mismo, Tokashiki *et al.*(1994) elaboró alcohol etílico y vinagre a partir de la fermentación del plátano. Además realizó un estudio de prefactibilidad para instalación de una planta de vinagre de plátano, en el cual obtuvo, para una tasa de descuento de 10 %, un TIR de 25,54 %, por lo cual la inversión se considera reatable.

Es importante mencionar el aporte de Clark *et al.* (1954), quien elaboró un estudio de los efectos de la edad del inóculo, la concentración de extracto de levadura y la presencia de levaduras no fermentativas en la velocidad de formación de alcohol en el jugo de manzana ajustado a 15 °Balling. En los

lapsos de 10 horas entre las horas número 20 y número 50 de desarrollo de *Saccharomyces cerevisiae* evidenció crecimientos irregulares en la velocidad de formación de alcohol. En contraste, Yetiman et al. (2015) combinó métodos cultivo-dependientes y cultivo- independientes para la investigación de poblaciones de la bacteria del ácido acético en muestras producidas tradicionalmente de vinagre y madre del vinagre obtenidas de manzana y de uva. *Acetobacter okinawensis* fue frecuentemente aislada de muestras obtenidas de manzana.

Ye et al. (2014) llevó a cabo fermentaciones alcohólicas mixtas de mosto de manzana con *Wickerhamomyces anomalus* y *Saccharomyces cerevisiae* para estudiar sus efectos en la calidad de la sidra. Todos los cultivos mixtos produjeron estadísticamente la misma cantidad de etanol que el monocultivo de *S. cerevisiae*. La fermentación mixta puede producir más variedad y mayores cantidades de ésteres acéticos, ésteres etílicos, alcoholes superiores, aldehidos y cetonas. Engel et al. (2014) determinó la nueva secuencia del genoma de *Saccharomyces cerevisiae*.

Por último, Parmar et al. (2013) investigó la hidrólisis enzimática de la celulosa presente en el hollejo de manzana usando variables de proceso como la actividad enzimática de la celulasa comercial, pectinasa y β -glucosidasa, temperatura, pH, tiempo, pretratamientos y separación de producto final. Demostró un proceso mejorado de hidrólisis enzimática de hollejo de manzana a azúcares y bioconversión concomitante para producir etanol y ácido acético. Y para finalizar cabe mencionar el aporte de Sengun et al (2011) quien estudió la importancia de la bacteria acética en la industria de los alimentos en sus distintas aplicaciones

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1. Manzana

3.1.1. Generalidades

La manzana es un fruto que tiene una pared carnosa o pericarpio en la que se distingue el epicarpio o zona periférica laminar de consistencia cartilaginosa. Una de las variedades más populares en el mundo, Red Delicious, produce frutos de tamaño grande, forma redondeada-cónica, más alta que ancha con cinco bultos bien marcados alrededor del ojo, fosa calicina ancha y de profundidad media, pedículo corto y grueso que no desborda su cavidad. La cáscara es de color rojo intenso y brillante, con coloración de fondo amarilla que sólo persiste en la zona no soleada y lenticelas claras de tamaño medio; sépalos erguidos y triangulares, corazón grande, acebollado, de posición media, sección transversal en estrella; semillas medias, redondas y oscuras. La carne es blanca, fina, ligera, acidulada, aromática; de sabor dulce, fundente y crujiente (Guinea, 1957).

Según León (1955), es una fruta que puede ser ingerida cuando existen desgastes intestinales con evacuaciones demasiado frecuentes, su acción terapéutica se debe a su riqueza en pectinas. Las trazas de minerales que posee (K, Na, P, Ca, Mg, S, Cl, Fe, Cu, Mn) intervienen en la formación de los huesos y la purificación de la sangre, pues actúan de manera alcalinizante en el organismo. En la cáscara tiene vitaminas (A, B y C), aceites esenciales (geraniol) y pigmentos (caroteno, antocianina y clorofila).

Hay pocos productos de origen natural tan ricos como la manzana en elementos minerales que entran en la constitución del cerebro, del tejido nervioso y de la sangre. Su composición se presenta en la tabla 3.1. Entre los ácidos orgánicos contenidos predomina el ácido málico, que posee propiedades desinfectantes y neutraliza la acidez de la sangre. La manzana

es rica en vitamina C, estimula las funciones de los riñones, hígado e intestinos y favorece los tejidos cerebrales (Montero, 1965).

Los manzanos son árboles caducifolios. Su altura varía de 2 m a 2,5 m. El frutal es oriundo de las zonas templadas de Europa, de las regiones del Cáucaso y del Asia central, distribuyéndose posteriormente por otras latitudes del mundo (Rodríguez, 2005).

Las zonas ecológicas del Perú donde se cultivan manzano corresponden a las zonas de vida Montano Bajo Tropical, Montano Bajo Sub-tropical y Templado Cálido (Figueroa R. , 1996).

Según Figueroa R. (1996), su posición sistemática en la botánica (clasificación taxonómica) se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.1 Composición química de la manzana Red Delicious según diversos autores (contenido en 100 g de porción comestible)

Componentes	Autores			
	Wu Leung	Rauch	Duckworth	Collazos
	1961	1965	1968	1975
Humedad (g)	84,00	84,10	78,00	84,70
Proteínas (g)	0,30	0,30	0,25	0,30
Extracto etéreo (g)	0,30	0,40	0,21	0,10
Carbohidratos totales (g)	15,20	14,90	11,25	14,60
Fibra (g)	0,70	1,00	1,49	0,80
Cenizas (g)	0,20	0,30	0,29	0,30
Calcio (mg)	6,0	6,0	6,5	5,0
Fósforo (mg)	10	10	0	11
Hierro (mg)	0,4	0,3	0,6	1,4
Tiamina (mg)	0,03	0,04	0,03	0,03
Riboflavina (mg)	0,05	0,03	0,04	0,04
Niacina (mg)	0,200	0,200	0,400	0,130
Ácido ascórbico (mg)	6,00	5,00	4,00	1,30

Fuente: Runciman (2006)

Se estima que la planta de manzano tiene un periodo de vida de 20 años, entrando en declive a los 15 años o cosechas. Si el agricultor adopta los ciclos intensivos (figura 3.1), al cabo de 15 años la planta tiende a fenecer, pero ya le habrá producido la rentabilidad del caso.

Tabla 3.2 Clasificación taxonómica de la manzana

Reyno	Vegetal
Subreino	Fanerógamas
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Arquiclamídeas
Orden	Rosales
Familia	Rosáceas
Subfamilia	Promoideas
Género	Malus
Especie	Malus doméstica

Fuente: Juscafresa (1968)

Si se decide por los ciclos normales en su época de descanso al no cortar el riego se cosechan las manzanas llamadas “invernizas”. La época de cosecha se puede programar en función del precio y la demanda del mercado; por ejemplo, si se inicia el ciclo productivo en Abril, se obtendrá la cosecha en Noviembre. El color del fruto a cosechar es determinante en la decisión, pues se sabe que en los meses de verano el fruto no adquiere el color rojo característico y además, se presenta un alto porcentaje de frutas “heladas”; en cambio, en el invierno el color que se consigue es mucho más atractivo (Jiménez, 1986).

La materia prima, manzana, presenta una amplia composición de acuerdo a su variedad, destacándose su contenido de ácido L-málico y ácido cítrico en pequeñas cantidades. Los aromas de esta fruta se desarrollan durante la maduración y están constituidos por aldehídos, alcoholes, esteres e hidrocarburos (Erazo, Reyna, Robles, & Huamán; 2001).

Según (Varnam, 1997), la sidra se elabora a partir de una mezcla de cultivares especiales con un alto contenido fenólico (manzanas para sidra), junto con manzanas de postre y de cocina. Las manzanas para sidra se clasifican en cuatro categorías (tabla 3.3).

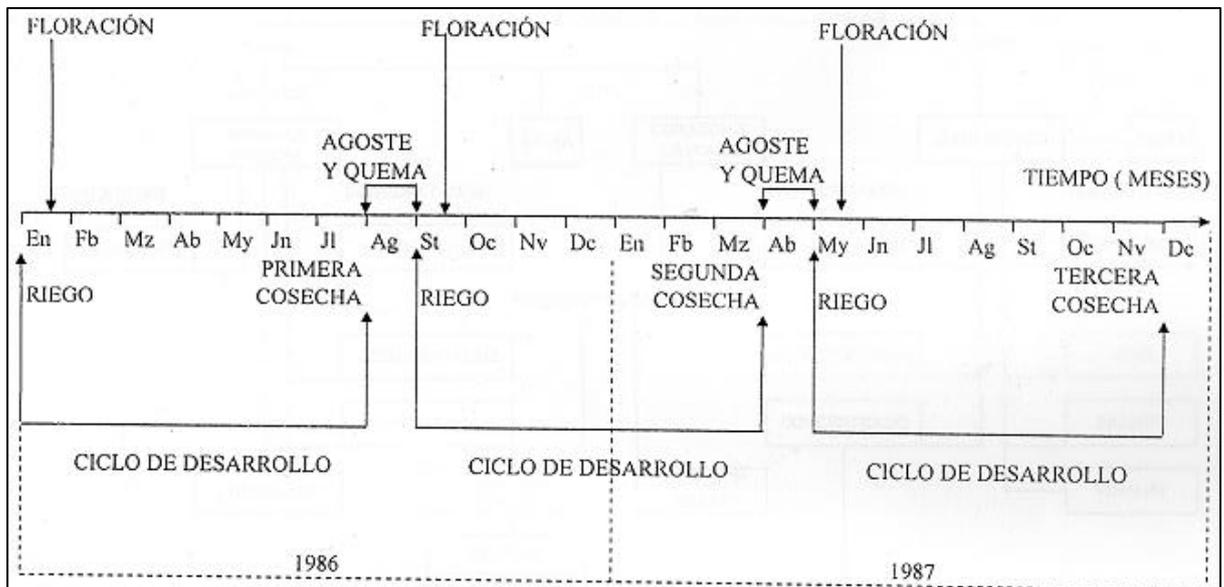


Figura 3.1 Cultivo del manzano en ciclos productivos intensivos. Fuente: Jiménez (1986)

Tabla 3.3 Clasificación de las manzanas para obtener sidra

Tipo	Características
Dulces	Bajas en taninos y en acidez. Suaves y las más apropiadas para hacer mezclas.
Amargas- dulces	Acidez baja y alto contenido en taninos; la típica manzana para sidra del sudoeste de Inglaterra y de parte de Francia
Amargas-ácidas	Altas en taninos y en acidez; se puede utilizar para zumos simples o en mezclas.
Ácidas	Acidez alta, bajo contenido en taninos.

Fuente: Varnam (1997)

En la figura 3.2 se presentan las diversas alternativas del procesamiento de manzanas, que abarca desde las bebidas alcohólicas, hasta la fruta deshidratada pasando incluso por la gelatina y el aceite esencial.

3.1.2 Producción de manzanas en el caserío de Azpitia

En opinión de Colmenares (1943), el manzano es considerado como el frutal más importante de las zonas templadas y puede explotarse en el Perú desde el nivel del mar hasta los 3500 m de altitud.

“El cultivo del manzano en el país constituye una actividad frutícola de gran importancia por su extensión y valor de la producción. Su fruto es alimenticio con alto porcentaje de calorías, además es de fácil conservación que se puede almacenar en locales ventilados o frigoríficos por varios meses” (Velazco, 2007).

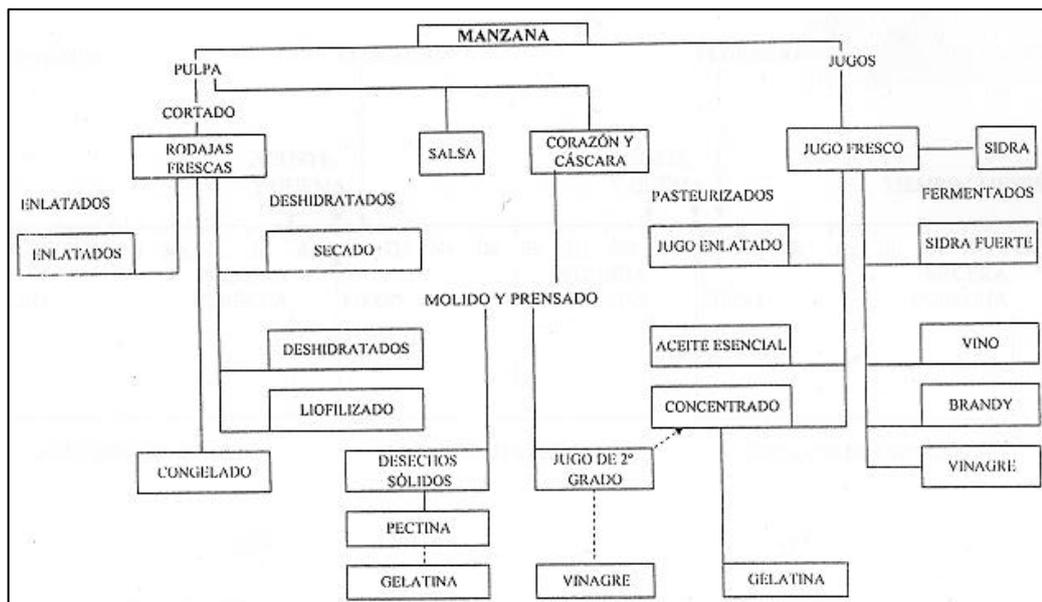


Figura 3.2 Alternativas de procesamiento de la manzana. Fuente: Johnson & Peterson (1974)

La producción de manzano en la provincia de Cañete es la que tiene la mayor producción a nivel nacional. En la tabla 3.4 podemos apreciar la producción de cada uno de sus distritos. Las variedades más cultivadas en la zona son manzana de Viscas, San Antonio, Ana, Pachacamac, entre otras (Velazco, 2007).

La evolución productiva del valle de Mala fue descrita en entrevista realizada al Ing. Peralta del Instituto Huayuná en Febrero 2002 en la cual señala lo siguiente: “aunado a los problemas de administración del agua, se encuentra el problema de la baja rentabilidad de la manzana a pesar de haber sido considerada el cultivo más importante de la zona en los últimos cincuenta años (sustituyendo notoriamente al durazno blanquillo) debido a la rentabilidad que presentaba frente a otros productos y a las condiciones climáticas favorables del valle para su producción, actualmente no cubre las expectativas de los agricultores motivo por el cual existe inquietud por parte de las ONGs locales en sustituir este fruto por otro de los que se espera obtener mayor rentabilidad” (Alvarado, 2002).

Tabla 3.4 Producción de manzana en la provincia de Cañete en el periodo 1997-2003

Distrito	Toneladas
Calango	12695
Mala	12160
Nuevo Imperial	9021
San Vicente de Cañete	6166
Santa Cruz de Flores	3424

Fuente: Ministerio de Agricultura (2005) citado por Velazco (2007)

El caserío de Azpitia, se encuentra ubicado en la zona noreste de la provincia de Mala – Lima, el centro poblado tiene 680 habitantes, y goza de un clima seco y soleado durante todo el año, con una temperatura que oscila entre 20°C y 30°C, en épocas de invierno y verano respectivamente. Azpitia está situado a 90 km al sur de Lima, a una altitud de 120 m.s.n.m., en medio de áridas montañas arenosas y el valle del río Mala. Su principal actividad económica es la agricultura debido al clima y morfología favorable de dicha región (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2009).

Aproximadamente el 90 % por ciento de los habitantes se dedica a la agricultura y también a la producción de vinos y piscos caseros (Registro Nacional de Identificación y Estado Civil, 2015).

Las principales especies cultivadas son las manzanas (tanto Delicia como Pachacamac), pues casi el 37 % de su producción está destinado a dicho producto, seguido de las uvas (con un 12,2 %) y los rosales (16,2 %).

Principales variedades cultivadas

“El Perú cuenta con una diversidad genética en cuanto a las variedades agrícolas cultivadas de manzano, dentro del territorio nacional, que a continuación se presentan en orden de consumo en el mercado:

Manzana Delicious de Viscas (Delicia)

Es la variedad más consumida, por los pobladores del Perú, por su gran producción que se da en las distintas provincias de Lima, aproximadamente el 40 % de la producción es manzana de esta variedad” (Velazco, 2007).

Según Velazco (2007), la producción de manzana Delicious de Viscas es de tendencia lineal constante a largo de los distintos meses del año.

“Algunos autores indican para “Delicious de Viscas” que proviene del cultivar original Delicious (Rodríguez y Ruesta 1993 y Fallahi et al 1994). Conafrut (2000) señala que probablemente es de USA del grupo “Red Delicious”, la pulpa de textura firme y sabor dulce; en costa central y sur se puede obtener hasta 3 cosechas en 24 meses, tolerante a oidiosis (*Oidium* spp.). Stretz (1992) forma del fruto esférico achatado, de color rojo. Rodríguez y Ruesta (1993) indica que es un cultivar autofértil” (Aguilar, 2007).

Manzana Pachacamac

La cuarta variedad más consumida y comercializada es la variedad Pachacamac, también llamada SipaC-6 donde su mayor producción se concentra en las provincias de Cañete y Huaral. Su producción cada vez es menor, ya que es una variedad que está siendo sustituida por la importación de la variedad de manzana Verde Chilena, que cuenta con similares características que la Pachacamac (Velazco, 2007).

“Escobedo (1998) señala para este cultivar que su origen es desconocido. Llamada también Pachacamilla o con el nombre de “SIPAC C-6”. Sus frutos

tienen forma cónica y tamaño mediano, es crocante, jugoso y sabor dulce (Conafrut, 2000). Rodríguez y Ruesta (1993) señalan que es autofértil y su polinizante puede ser Hoover o La Molina. Stretz, (1992) indica que es de color rojo con fondo verde” (Aguilar, 2007).

Según (Velazco, 2007), la producción de esta manzana es estacional siendo los meses de Diciembre a Marzo donde se encuentra dicho producto en los mercados.

Valle de Mala

El valle de Mala, se encuentra ubicado a 95 km al sur de Lima, sus características de clima, agua y suelos hace que sea apropiado para la producción de frutales. En el cultivo de manzano, la variedad más importante en extensión y en producción es la “Delicious de Viscas”, sin embargo se puede encontrar en la localidad de San Antonio algunos huertos de manzana corriente o de agua conocida como manzana “San Antonio” (Figuroa C. , 2001).

Los distritos considerados por la Agencia Agraria Mala como pertenecientes al valle se detallan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Hectáreas de manzano en los distritos del valle

Distrito	Hectáreas
Calango	702,21
Mala	961,48
San Antonio	66,2
Santa Cruz De Flores	223,32

Fuente: Puga (2015)

La proyección de la producción de manzanas en el valle de Mala muestra una tendencia positiva entre los años 2004 y 2012 en los distritos de Calango y Mala y se mantiene constante en los distritos de San Antonio y Santa Cruz De Flores (Puga, 2015).

Santa Cruz de Flores

El distrito de Santa Cruz de Flores se encuentra en el Departamento de Lima, Provincia de Cañete, al sur de la capital, altura del km 82 de la Carretera Panamericana Sur. La extensión del distrito de Santa Cruz de Flores es de 100,06 km² de superficie, lo cual significa el 2,2 % de la extensión del ámbito provincial. La actividad agrícola que posee el distrito de Santa Cruz de Flores se divide en cultivos permanentes y transitorios. Los cultivos frutales del distrito, los cuales pertenecen a los permanentes, se desarrollan en 3999,35 hectáreas (Puga, 2015).

En la tabla 3.6 se observa que el cultivo de manzano posee el 4 por ciento del total de hectáreas del distrito.

Tabla 3.6 Principales cultivos del distrito de Santa Cruz de Flores

Cultivo	Terreno cultivado (%)
Mango	6
Manzano	4
Membrillero	4
Palto	9
Vid	21
Maíz amiláceo	25
Maíz amarillo duro	8
Otros	23

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010) citado por Puga (2015)

Además, según Puga (2015), el precio por kilogramo de manzano no sufrió cambios significativos a largo del año 2012. Se tiene una variación de 0,7 soles con respecto al precio promedio registrado. Lo cual otorga una idea de la constancia del precio a lo largo del año.

Las principales enfermedades que se reportó del cultivo de manzano en el valle de la Mala son las siguientes (Figueroa C. , 2001):

1. *Lasiodiplodia theobromae* (pie negro)

2. *Podospaera leucotricha* (oídio del manzano)
3. *Alternaria alternata* (corazón mohoso)

A su vez, las principales plagas que se reportó en el cultivo de manzano en el valle de Mala son las siguientes (Figueroa C. , 2001):

1. *Planococcus citri* (cochinilla harinosa)
2. *Heliothis virescens* (burrito)
3. *Laspeyresia pomonella* L. (polilla del manzano). Según Runciman (2006), da como resultado que los frutos quedan pequeños y caigan al suelo. Tienen las semillas carcomidas y presentan galerías.
4. *Quadraspidiotus perniciosu Comstock* (queresa San José). Según Runciman (2006), colorea prematuramente al fruto y lo deforma.
5. *Anastrepha sp.* (mosca de la fruta). Según Runciman (2006) , la mosca de la fruta. Las hembras ovopositan en el interior de la fruta y las larvas se alimentan de la pulpa, dejándola totalmente dañada y sin valor comercial. La eclosión de huevos depende de las condiciones ambientales y del pH del fruto.
6. *Aphis spiraecola* (pulgón verde)
7. *Tetranychus sp.* (arañita roja). Según Runciman (2006), produce amarillamiento y defoliación. La fruta es pequeña, de baja calidad y con apariencia manchada.
8. Acaro hialino (hemitaranomas latas). Da una apariencia de tostado a la fruta, disminuyendo su calidad. (Runciman, 2006)
9. *Argyrotaenia sphaleropa* (pegador de la hoja)
10. *Spodoptera eridanea* (gusano de tierra)
11. *Pseudoplusia includens* (medidor)
12. *Anómala Sp.* (torito)

La conclusión de Puga (2015) con respecto al suelo:

“El mapa resultado nos indica que la extensión más apropiada es de 1223,3 ha (1,55 por ciento del territorio). La cual se distribuyen principalmente alrededor del rio Mala, las zonas medias y alta del valle. Ubicándose principalmente en los distritos de Calango, Mala y Santa Cruz de Flores. Dicho resultado concuerda con la Agencia Agraria Mala.”

En adición, Puga (2015) menciona lo siguiente respecto al clima:

“El resultado obtenido indica que una variación de 10 grados centígrados posee una altitud mayor o igual a 275 msnm, siendo estas zonas las aptas para el desarrollo del cultivo”

En conclusión se puede deducir que el distrito de Santa Cruz de Flores otorga un suelo y un clima apto para el cultivo de manzano, por lo que esta actividad ha tenido y tiene condiciones para seguir realizándose en el futuro.

3.2 Vinagre

3.2.1 Definición de vinagre

El vinagre es un líquido, apto para el consumo humano, producido exclusivamente de productos adecuados conteniendo almidón y/o azúcares en el proceso de doble fermentación, primero alcohólica y luego acética (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1987).

Vinagre de sidra o vinagre de manzana es el producto elaborado a partir de fermentaciones alcohólica y la subsecuente acética del jugo de frutas (Administración de Alimentos y Medicamentos, 1995).

También se puede definir vinagre de sidra como el vinagre obtenido por fermentación acética de sidra y en el cual el máximo nivel de ácidos volátiles en las materias primas no deben ser excedidos de lo permisible. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1987)

Etimológicamente la palabra VINAGRE proviene del latín “VINUM ACRE”, que quiere decir VINO AGRÍO, y que luego fue adaptada de la locución del francés “Vinaigre”; pero a pesar que su propio nombre lo determina, el vinagre no solo proviene del vino, sino también de cualquier materia prima cuyo componente activo sea transformado químicamente a ácido acético (Davies, 2015).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016), el vinagre es “un líquido apto para el consumo humano, que es producido exclusivamente a partir de materias primas de origen agrícola, que contengan almidones y/o azúcares, por un doble proceso de fermentación; alcohólica y acética”.

Precisamente el vinagre es un compuesto líquido muy usado en la industria alimentaria como condimento, que contiene cantidades determinadas de ácido acético (siendo éste su componente principal e imprescindible), alcohol, acetatos, entre otros compuestos opcionales que le pueden conferir ciertas propiedades organolépticas deseadas, según el productor, pero que pueden ser reguladas por las normas técnicas respectivas locales e internacionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

3.2.2 Composición química

La composición depende del tipo de materia prima utilizada para el proceso, aunque existen algunos compuestos que se agregan al vinagre y que tiene como finalidad aportar ciertas propiedades y características deseadas al producto final, estos agregados pueden ser: aditivos, conservantes, estabilizantes, antioxidantes, etc. En general la composición química cualitativa de un vinagre de manzana viene dado en la tabla 3.7.

Por fermentación, además de ácido acético, también se forman algunos ácidos grasos, como el ácido fénico y el ácido valeriánico, estos ácidos combinados con residuos de alcohol no oxidados forman éteres. Estos compuestos combinados con los acetales (producto del aldehído acético y alcohol) contribuyen a dar el aroma al vinagre (Erazo *et al.*, 2001).

Las especificaciones del producto están dadas según el tipo de norma técnica establecida ya sea local o regional. Según la norma técnica internacional Codex Alimentarius (CODEX STAN 162 -1987) la composición del vinagre se presenta en la Tabla 3.8.

Tabla 3.7 Composición cualitativa del vinagre de manzana

Tipo de componente	Componentes
Ácido acético	Compuesto principal e ingrediente activo.
Compuestos fenólicos	<p>Ácidos hidroxicinámicos: ácido <i>trans</i>-cafeico, ácido clorogénico, ácido <i>trans</i>-cumárico, derivado cafeico.</p> <p>Ácidos y aldehídos hidroxibenzoicos: ácido gálico, ácido protocateico, ácido <i>p</i> – hidroxibenzoico, protocatecaldehído, siringaldehído, <i>p</i>-hidroxibenzaldehído, ácido benzoico, tirosol.</p>
Flavanoles	(+) catequina, (-) epicatequina, rutino, quercitina.
Furanos	5-hidroximetilfurfural, furfural, 5-metil furfural.
Alcoholes	Etanol
Hidratos de carbono	Glúcidos, azúcares (glucosa, fructuosa).
Compuestos nitrogenados	Aminoácidos libres (proteínas), fosfato de amonio y nitrógeno.
Cationes y aniones	Sodio, magnesio, cloruros, sulfatos, sulfuros.
Materia sólida vegetal	Extracto seco y cenizas.
Trazas de metales	Cu, Zn, Fe, As, Pb.
Aditivos	<p>Antioxidantes: dióxido de azufre, ácido ascórbico.</p> <p>Realzantes de sabor: glutamato monosódico, glutamato monopotásico, glutamato de calcio.</p> <p>Estabilizantes: polinonilpirrolidona, benzoato de sodio.</p> <p>Colorantes de grado alimentario (según el tipo de vinagre).</p>
Otros	Agua, sales, microorganismos biológicos, etc.

Fuente: Labbé (2007)

Tabla 3.8 Composición del vinagre

Característica	Nivel
Contenido en ácidos totales (expresado en ácido acético).	No menor de 50 g/L.
Contenido en alcohol residual	No mayor a 1,0 % (v/v).
Sólidos solubles (incluyendo agregados de azúcares y sal)	No menor de 2,0 g/L – 1 % Ácido Acético.
Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) (mg/Kg)	Cu y Zn: 10 (suma entre ambos). Fe: 10

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1987).

La norma peruana específica para el vinagre de vino un 4 % (p/v) de acidez total (expresado como ácido acético) como mínimo para ser considerado vinagre (anexo 35). Para el presente proyecto se trabajará con una acidez final de 4 %(p/v) expresado en ácido acético. Esto por motivos comerciales y de aceptabilidad en el público objetivo, ya que en el mercado limeño se ofrecen vinagres de manzana con un grado de acidez inferior a lo especificado en la norma peruana.

La composición del vinagre según norma técnica europea (Ministerio de la Presidencia de España , 1993) se presenta en el anexo 33. Así mismo, las especificaciones internacionales de aditivos para el vinagre se presentan en el anexo 32.

3.2.3 Tipos de vinagre

Según organismos internacionales normativos, los tipos de vinagre se dan en función del tipo materia prima. En la tabla 3.9 se detalla esta clasificación.

3.2.4 Usos y aplicaciones

Es muy conocido el uso del vinagre en la industria alimentaria, pero hay otros usos no convencionales que dan muy buenos resultados, a continuación se mencionan estos usos:

- Resaltador del sabor, para la preparación de alimentos. Es el uso más común de este compuesto.
- Ablandador de carnes.

Tabla 3.9 Tipos de Vinagre según materia prima utilizada

Tipo	Característica
Vino	Cuya materia prima es el propio vino, el de mayor producción y consumo, por su alto contenido de alcohol, el cual algunas veces puede ser apoyado por una destilación seguido de la fermentación alcohólica, puede llegar a contener hasta 9 % en volumen de ácido acético.
Frutas	Que puede ser de manzana o sidra, piña, plátano, melón, frutas pequeñas, etc. Es el segundo de mayor producción y consumo, y cuyo contenido de ácido acético depende directamente del porcentaje o contenido de azúcar de la fruta. Generalmente se obtienen vinagres de distintos colores, sabores, aromas.
Malta-cerveza	El sustrato es malta cervecera, añadida de arroz o maíz, también se encuentra en forma de destilado (vinagre de malta destilada). De mayor consumo en el Reino Unido.
Alcohol	Por fermentación acética de una disolución acuosa de etanol (este último procede de la fermentación alcohólica de materias agrícolas como la caña de azúcar, seguido de destilación).
Otros	Vinagre de miel, suero de leche, sintético (disolución acuosa diluida de ácido acético, añadido de aromatizantes), etc.

Fuente: López M. (2007)

- Preservante natural de alimentos.
- Como un agente antibacterial, pues su alto porcentaje de acidez, genera un medio altamente mortal para las bacterias, parásitos y larvas.
- En la industria química y textil como agente limpiador o desengrasante y hasta fijador de colores en teñidos, debido a su alto grado de acidez (pH bajo entre 2 y 3).
- Como limpiador de metales, para diferentes utensilios y/o artefactos en estado de oxidación. (Corporación Británica de Radiodifusión, 2014)

En el presente proyecto se busca aprovechar que el vinagre de manzana presenta beneficios terapéuticos tales como propiedades anti-infectivas, efectos cardiovasculares favorables, actividad antitumoral y control de la glucosa en la sangre (Johnston & Gaas, 2006).

3.2.5 Elaboración de vinagre

3.2.5.1 Proceso básico de elaboración

La materia prima para la elaboración del vinagre es un mosto en el cual ha terminado ya la fermentación alcohólica. Este vino o mosto alcohólico debe tener de preferencia un grado alcohólico mayor a 5°A (5 % de alcohol en volumen), esto para obtener un vinagre con una acidez acética mínima de 4 %.

El proceso industrial básico de elaboración de vinagre de manzana se describe a continuación, así como también el proceso para la elaboración del mosto alcohólico, que es el proceso precedente para la obtención del vinagre. Se mencionan las operaciones involucradas en ambos procesos y algunos alcances de los equipos utilizados a escala industrial.

Proceso de elaboración de mosto alcohólico

Recepción y selección de la materia prima

La materia prima debe estar limpia y debe ser recepcionada y tratada en condiciones higiénicas. Los materiales o equipos para recepcionar, y también los que estén en contacto con ella, habitualmente deben ser de madera, polipropileno o acero inoxidable (se debe tener presente que el ácido acético, ácidos orgánicos y sus vapores son altamente corrosivos). El proceso de elaboración de un vino de fruta se muestra a través del flujo de la Figura 3.3.

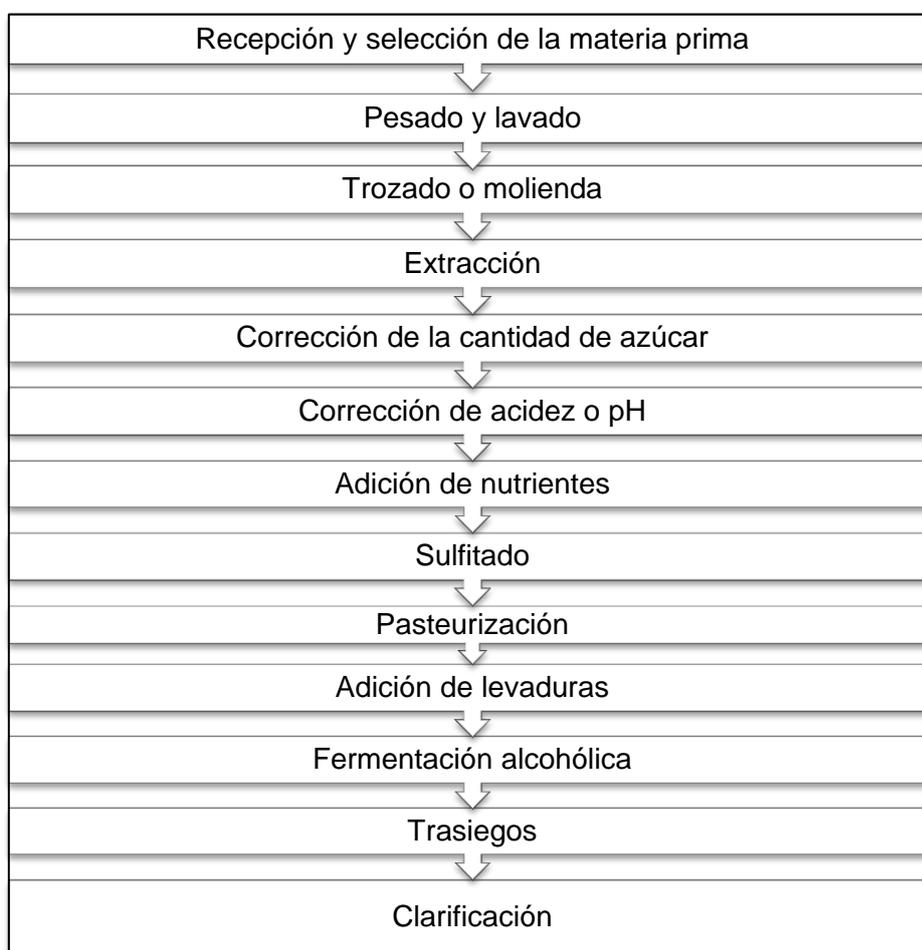


Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de producción del mosto alcohólico. Fuente: Hatta (1993)

Tanto la recepción como la selección de la materia prima son operaciones fundamentales, pues las propiedades del vinagre a obtener dependen

directamente de la materia prima seleccionada. La fruta utilizada debe haber alcanzado el mayor grado de madurez, siendo las frutas sobremaduras las más deseables para la fermentación, ya que en la mayoría de frutas, el sabor, está desarrollado en la cima de su proceso de maduración, y además, en esta etapa tiene la máxima concentración de azúcar. Sin embargo, la fruta no debe estar podrida, debe estar libre de hongos o algún tipo de enfermedad y antifermentos.

Pesado y lavado

Una vez recepcionada y seleccionada la materia prima, se procede a pesar para determinar posteriormente su rendimiento, luego de ello la materia prima pasa a la operación de lavado.

Normalmente la operación de lavado consiste en disponer de una fosa de agua en circulación en donde se agrega la fruta y luego se selecciona mediante el paso a través de una cinta transportadora. Es necesario tener en cuenta que todo el material en contacto con la fruta desde el comienzo debe estar libre de hierro, cobre u otro metal fácil de ser atacado por el ácido de la fruta. Se puede agregar cloro para su mejor limpieza. El lavado doméstico de materia prima se puede realizar con 5 mL de lejía comercial de 4 % p/p en un balde de 10 L de agua.

Trozado o molienda

Siempre y cuando esté limpia y saludable, la fruta puede ser pequeña o deforme. De hecho la mayor parte de jugo de manzana comercial se hace de dicho fruto, que es, por estética, invendible en el mercado minorista. Pero la fruta debe ser bien lavada y nada debe estar mohoso (Lea, 2013).

El trozado o molienda de la manzana consiste en una trituración de la fruta en trozos muy pequeños, con el fin de prepararla para la extracción. Esta es practicada en molinos de cuchillas o de martillos para escala industrial. Desde ésta etapa en adelante, se debe proceder rápidamente y evitar al máximo el contacto con el ambiente, para evitar pardeamiento de la pulpa, por acción enzimática con el oxígeno del aire (Lea, 2013).

Extracción

Una vez que las manzanas han sido elegidas, lavadas y trozadas, deben ser transportadas a la prensa en un recipiente adecuado que puede ser de plástico. Se asume que esto se hace casi de inmediato y sin 'encubar' o 'macerar'. Aun así, el jugo y la pulpa se vuelven marrón en cuestión de minutos y es aquí donde el color natural del producto se determina. El jugo de prensa luego tiene que ser recogido en otro recipiente y en este punto es conveniente medir su nivel de azúcar, acidez y pH para que la mezcla se pueda corregir con otros lotes de jugo extraído el mismo día. Una buena cantidad de azúcar sigue estando en la prensa-torta seca (u 'hollejo'), entonces se añade un litro o dos de agua hervida por cada 5 kg de hollejo antes de volver a prensar (Lea, 2013).

La fruta triturada es prensada con el fin de extraer los componentes sólidos de la fruta, obteniendo así el mosto. En los procedimientos tradicionales de la producción de sidra o pulpa de manzana, siempre han usado prensas de tipo hidráulico en donde la fruta es colocada entre telas especiales, aplastada por acción hidráulica que permite el escurrido del mosto (Lea, 2013).

Actualmente se han insertado en ésta etapa prensas de tipo continuo que consisten en un tornillo sin fin, rodeado de una criba la cual deja pasar el jugo a medida que la fruta es apretada contra la resistencia hidráulica al final del tornillo. En este tipo de equipos la fruta puede ser introducida entera, ahorrando la etapa de trozado o molienda. El grado de extracción del mosto está dado por el grado de resistencia hidráulica que se le aplique (Lea, 2013).

La composición del mosto de manzana se presenta en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Composición del mosto de manzana

Características	Mosto de manzana
Gravedad específica	1,045-1,061
Acidez vaporable (m.eq./L)	22,5-136
pH	3,0-4,4
Taninos (% w/v)	0,08-0,54
Nitrógeno soluble(mg/100 mL)	3,7-14,8

Fuente: Beech (1972)

De acuerdo con Beech (1972), los taninos son los compuestos fenólicos en el mosto, que consisten en epicatequinas, pro-antocianidinas diméricas y posiblemente triméricas, y ácidos fenólicos.

Corrección de la cantidad de azúcar

El mosto es diluido con agua hervida o tratada fría, si es que éste es muy denso. La proporción de agua utilizada con respecto al mosto será de 2 a 1. (Hatta, 1993). En términos generales, el 15 % de azúcar corresponde a una gravedad específica de 1,070 y un alcohol potencial total de 8,5 %; 10 % de azúcar corresponde a una gravedad específica de 1,045 y un alcohol potencial del 6 %. Si la gravedad específica jugo es inferior a 1,045 y no tiene jugo más dulce para la mezcla, debe ser llevado hasta este nivel por adición de azúcar o de jugo concentrado de manzana. De lo contrario, el nivel de alcohol resultante puede no ser suficiente para preservar a la sidra final durante el almacenamiento. Para elevar la gravedad específica en 0,005; disolver de 12 g a 15 g de azúcar por litro de jugo y repetir esta operación hasta que se alcanza el nivel deseado medido con el hidrómetro. (Lea, 2013). Luego de la dilución, la cantidad de azúcar disminuye y ésta se puede medir indirectamente a través de un mostímetro, para luego mediante tablas conocer la equivalencia en grado alcohólico. Para obtener 1 grado alcohólico adicional en el mosto se necesita agregar 17 g de azúcar adicionales por litro de mosto (Hatta, 1993).

Corrección de acidez o pH

La acidez comprendida entre un pH de 3,5 a 4,0 permite seleccionar la flora del mosto, desarrollándose en él, solamente las levaduras fermentativas e inhibiéndose los microorganismos indeseables. Se corrige el grado de acidez adicionando ácido cítrico, según la cantidad requerida. (Hatta, 1993). Según Erazo *et al.* (2001) el pH óptimo debe ser de 4,0.

Adición de nutrientes

Esta operación se realiza para aquellos mostos deficientes en Nitrógeno, Fósforo y Potasio, como es el caso de los mostos artificiales y el de mostos obtenidos a partir de frutos verdes. Se puede adicionar como nutriente fosfato

de amonio hasta una concentración de 40g/100 litros de mosto. (Hatta, 1993). Según Erazo *et al.*(2001) la cantidad óptima de fosfato de amonio es de 0,5 g/L de sustrato.

Sulfitado

Esta operación se realiza para eliminar los microorganismos contaminantes que pueden competir con la levadura y alterar el proceso de fermentación. En el caso del presente proyecto esta etapa se realizará posteriormente porque aún queda realizar la fermentación acética y se necesita que la *Acetobacter* sobreviva. El mosto acondicionado se sulfita utilizando metabisulfito de sodio o potasio, en una cantidad de 50 mg/L a 100 mg/L, dependiendo de la temperatura ambiental (a mayor temperatura, mayor sulfitación) y de las condiciones de la fruta (cuanto más madura más sulfito) (Hatta, 1993).

Pasteurización

Es la alternativa al sulfitado. Se calienta el mosto a 90°C por minutos y luego enfriándolo rápidamente (Hatta, 1993).

Adición de levaduras

Se utilizó levadura de vino con el propósito de acelerar la fermentación alcohólica. Es conveniente practicar la siembra de levaduras seleccionadas de fuerte capacidad fermentativa y poder alcoholígeno, lo cual va a redundar en un comienzo rápido y uniforme de la fermentación y en la obtención de vinos secos, sin azúcares residuales.

Según Lea (2013), no hay necesidad de seleccionar una levadura con una tolerancia alta al alcohol ya que el azúcar natural de la manzana raramente produce más de 8 % de alcohol. Si se enriquece significativamente con azúcar y se desea niveles de alcohol de hasta un 12 %, entonces se estará haciendo vino de manzana.

Para realizar la levadura seca se tiene que seguir los siguientes pasos:

- 1) Reactivación de la levadura, lo cual se realiza disolviendo la levadura en agua hervida entibiaada (30°C) con azúcar, dejándola reposar por ½ hora.
- 2) Preparación del pie de cuba, que se hace con un poco de mosto a fermentar (aproximadamente el 5 % del total), en el cual se siembra la levadura reactivada, dejándolo reposar en un sitio abrigado (25°C - 30°C) hasta que se vea producción de gas (burbujeo).

Una vez preparado el pie de cuba, se siembra finalmente en la cuba o tanque de fermentación (Hatta, 1993).

A veces la levadura sólo necesita hidratación durante aproximadamente 20 minutos. Cualquiera que sea el caso, es importante seguir las instrucciones del proveedor de levadura. Si se utiliza dióxido de azufre, también es importante esperar por lo menos 12 horas antes de añadir el cultivo de levadura. Esto porque el dióxido de azufre necesita tiempo para actuar contra los organismos silvestres, y también inhibirá a la levadura si se añaden ambos al mismo tiempo. Esto se realiza para la elaboración de sidra, ya que se busca eliminar a la bacteria acética y otros organismos silvestres presentes. Al reposar durante 12 horas, el dióxido de azufre libre desaparece en gran medida una vez que cumplió su función, dando a la levadura añadida la oportunidad de desarrollarse sin inhibición significativa (Lea, 2013).

La fermentación debe comenzar dentro de 2 ó 3 días si se utiliza un cultivo de levadura activa. Como alternativa, es posible confiar en las pocas levaduras de *Saccharomyces* salvajes que estarán presentes en el jugo después de sulfitado, y permitir que se multipliquen a niveles suficientes para iniciar la fermentación, pero esto puede tomar hasta 2 ó 3 semanas (Lea, 2013).

Puede haber un máximo de 10 millones de células de levadura por cada mL de jugo en esta etapa (Lea, 2013).

Fermentación alcohólica

Una vez adicionado el pie de cuba, empieza la fermentación alcohólica, la cual será controlada mediante la medición de la densidad, o grados Brix, y de la temperatura. Según Hatta (1993), si la medida de la densidad no

disminuye, de acuerdo a los controles diarios, se puede pensar que están ocurriendo deficiencias en:

- a) Contenido de levaduras
- b) Falta de nutrientes
- c) Alteraciones de la temperatura
- d) Acidez volátil alta (mayor de 1 g de ácido acético/litro)

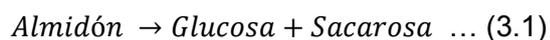
Es muy importante que la levadura trabaje en un rango de temperaturas comprendido entre 20°C –25 °C. La temperatura tiene una acción selectiva en el desarrollo de otros microorganismos que no son los fermentativos. Si la temperatura sobrepasa los 30°C puede ocurrir la fermentación por bacterias. (Hatta, 1993). Es llevada a cabo en estanques o marmitas las cuales deben tener un escape o purga de gases, debido a la generación de dióxido de carbono. En forma general consiste en la conversión total o parcial de los azúcares de la pulpa, en alcohol etílico. Mediante la acción de las enzimas, mediante la reacción de la ecuación 3.1, se da la conversión del almidón en glucosa y sacarosa. Luego en las ecuaciones 3.2 y 3.3 se muestra la reacción para la conversión de glucosa en etanol. (Nelson & Cox, 2009)

Existen diferentes métodos de fermentación, los más importantes son:

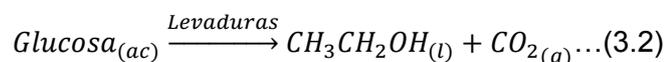
a) Fermentación natural

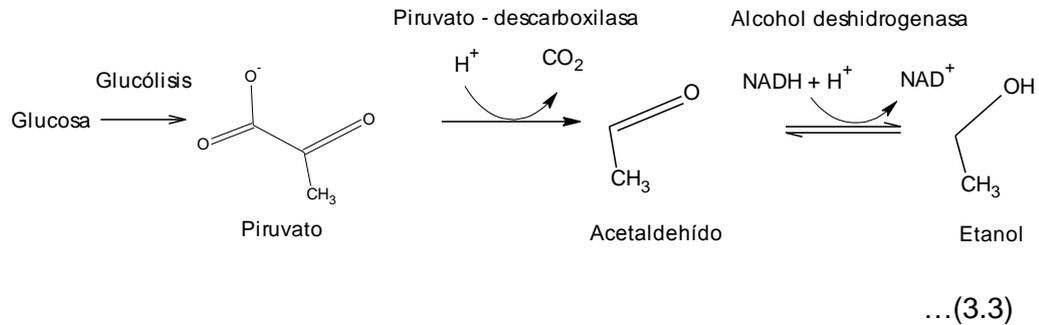
Este tipo de fermentación alcohólica, se lleva a cabo mediante la acción espontánea de las levaduras existentes en la misma materia prima y no por otro tipo de levaduras. El tiempo de reacción aproximado para esta fermentación es de 10 días a más.

Proceso enzimático



Proceso fermentativo del alcohol





b) Fermentación por levaduras seleccionadas

Consiste en eliminar la mayor cantidad de levaduras salvajes y bacterias indeseables de la pulpa mediante la adición de anhídrido sulfuroso, o mediante la centrifugación e incluso, mediante la pasteurización. Luego, se siembran levaduras y en algunos casos su respectivo material alimenticio, como el fosfato de amonio. Esta fermentación es sumamente rápida y logra muy buenos resultados, dura de 4 días a 5 días.

Independientemente del método que se utilice, durante el transcurso de toda la fermentación, es necesario hacer controles periódicos de temperatura, azúcar y/o del alcohol.

c) Factores que afectan la fermentación alcohólica

1. Temperatura

Los microorganismos tienen una clasificación en base a su resistencia a la temperatura del medio.

- Sicrofílos: menor a 20 °C (levaduras)
- Mesófilos: entre 20 °C y 45 °C (levaduras)
- Termófilos: mayor a 45 °C

En levaduras, se dan condiciones óptimas de temperatura (mínima o máxima) para cada una de las diferentes funciones de la célula de levadura: respiración, fermentación, crecimiento.

Influyen la aireación, composición del medio y presencia del alcohol (donde se da la multiplicación de levaduras y fermentación del azúcar)

La fermentación del azúcar es 2 veces más rápida a 30 °C que a 20 °C (Borzani, 2008).

2. pH

Según Tokashiki *et al.* (1994), los microorganismos tienen los siguientes rangos óptimos de desarrollo:

- Bacterias: de 6 a 8
- Levaduras: de 4 a 6
- Mohos: de 3 a 7

3. O₂ disuelto

Las levaduras son sensibles al O₂. El consumo es aproximadamente 1 a 3 mg/hora por millar de levaduras. Por ejemplo 1 millón de levaduras por cm³ pueden desaparecer en 4 horas la totalidad del O₂ de un mosto alcohólico saturado de aire a la presión atmosférica. (Tokashiki *et al.*, 1994)

4. Nutrientes

Las levaduras tienen necesidad de nitrógeno asimilable para formar una célula y reproducirse. La levadura contiene de 4 a 10 % de masa en nitrógeno o sea 25 – 60 % en materias nitrogenadas (catión amonio, aminoácidos, amidas poli peptídicas). En la síntesis proteica, la levadura usa el nitrógeno de su medio, aproximadamente el 50 a 60 % del N₂ asimilable se consume al inicio de la fermentación. El catión amonio se consume más rápido y es el que satisface a la levadura. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Descube

Consiste en la separación de la parte sólida (hollejo) de la líquida. Se hará el descube cuando la gravedad específica del mosto esté cercana a 1,000-1,050. (Hatta, 1993)

Trasiegos

Consiste en separar el vino de los precipitados de los depósitos (levadura, gomas, mucilagos, etc). Por sucesión de trasiegos se van eliminando del vino las materias insolubles y el vino se va clarificando naturalmente.

Proceso de elaboración de vinagre

Antes de realizar la fermentación acética, se realiza una filtración del mosto alcohólico obtenido para separar la mayor cantidad de partículas en suspensión ya que estas podrían acarrear otras reacciones no deseadas de estar presentes en la fermentación acética. Para esta etapa se emplean filtros, mallas, coladores o únicamente sedimentación.

La materia prima como ya se indicó es el vino de fruta que también se le denomina mosto alcohólico cuando no es un vino acabado (listo para consumir). Este debe tener, de preferencia un grado alcohólico mayor a 5°A para tener un vinagre con una acidez acética mayor 4 % que es la acidez mínima que tienen los vinagres comerciales.

Insumos

- Vinagre iniciador. Es un vinagre sin pasteurizar con una acidez mínima de 6 %, el cual contiene a su vez a la bacteria acética.
- Agua de buena calidad o de preferencia hervida fría para hacer la dilución del vino si fuera necesario.
- Meta bisulfito de sodio o de potasio.
- Sal de cocina

Equipos y materiales

- Tanques de fermentación con sistema de aireación

- Baldes
- Jarras
- Paletas de madera
- Filtro de tela, lana o algodón
- Corchos
- Botellas
- Hidróxido de sodio 0,1N
- Fenolftaleína
- Erlenmeyer
- Bureta
- Pipeta de 10 mL
- Equipo de destilación de laboratorio para determinar el grado alcohólico

El proceso de elaboración se muestra a través del diagrama de flujo de la figura 3.4, cuyas operaciones se describen a continuación:

Dilución

Esta operación será necesaria cuando el vino o mosto alcohólico tenga un contenido de alcohol mayor al 10 %, ya que la bacteria acética no puede desarrollar a concentraciones de alcohol mayores a 10 %. La dilución se puede hacer utilizando agua hervida fría.

Acidificación e inoculación de la bacteria acética

Es necesario llevar el mosto a una acidez acética inicial de 3 %, para lo cual se utiliza un vinagre no pasteurizado de 6 % de acidez acética que a su vez contiene a la bacteria acética que es el agente fermentativo. Esta acidificación inicial es importante porque evita el desarrollo de otros microorganismos perjudiciales que pueden alterar la fermentación acética y disminuir el rendimiento de ácido acético. Según Erazo *et al.* (2001), el pH óptimo debe ser de 2,5 lo que equivale a acidez de 3 % expresado en porcentaje de ácido acético.



Figura 3.4. Diagrama de flujo del proceso de producción del vinagre de manzana. Fuente: Hatta (1993)

Adición de nutriente

Se realiza con la finalidad de enriquecer el mosto alcohólico, con los nutrientes requeridos para un mayor desarrollo y eficiencia de la bacteria acética; favoreciendo con esto un mayor rendimiento en la producción de ácido acético. Como nutrientes se adicionó 0,1 % de fosfato de amonio (Erazo *et al.*, 2001) y en recipientes cilíndricos de plástico de 1 L de capacidad, a los cuales se le abrieron ventanas laterales de 5 cm x 8 cm y se les dejó la parte superficial abierta. Todos los orificios tapados con muselina para permitir la entrada de aire y evitar los insectos.

Fermentación acética

Para hacer vinagre de sidra tenemos que comenzar con una sidra seca totalmente fermentada con un contenido mínimo de 5 % de alcohol. El dióxido de azufre no se debería haber añadido, porque esto inhibe la conversión a ácido acético. Dejamos sidra en un vaso con un montón de acceso al aire y asegurar que *Acetobacter* puede entrar. Estos organismos son justo lo que necesitamos para el vinagre (Lea, 2013).

Una vez acondicionado e inoculado el mosto alcohólico se inicia la fermentación acética, la cual se tiene que llevar a cabo en presencia de oxígeno, por lo que se tiene que realizar en tanques de fermentación, por lo cual se tiene que realizar en tanques de fermentación que tengan ciertas entradas de aire.

La bacteria acética formará una capa que estará suspendida en la superficie del líquido, la que habrá que cuidar que no se caiga, ya que si esto ocurre la fermentación se detendrá, hasta que nuevamente se forme la capa. Entonces se deberá evitar los movimientos bruscos del tanque que hagan que la capa se caiga, debiéndose hacer el retiro del vinagre ya elaborado por la parte inferior y la introducción del mosto alcohólico mediante un dispositivo que no mueva la capa. Se puede poner, también, un aditamento para que se soporte a la capa y esta no se caiga (Hatta, 1993).

El control de la fermentación se hará mediante la determinación de la acidez acética. Esto es muy importante, para determinar el punto final de la fermentación, el cual se da cuando la acidez ya no aumenta. La inactivación de la bacteria acética una vez alcanzado el punto final de la fermentación acética es muy importante ya que en, esta bacteria, al no encontrar alcohol, seguirá un proceso de oxidación del ácido acético formado finalmente agua y anhídrido carbónico, es decir, se consumirá el ácido acético obteniéndose un vinagre de baja acidez o tal vez con nada de acidez (Hatta, 1993).

Tradicionalmente, el barril de vinagre siempre se inició mediante la adición de un inóculo de vinagre sin pasteurizar previamente elaborado al mosto alcohólico. Si se espera lo suficiente, las bacterias del ácido acético propias

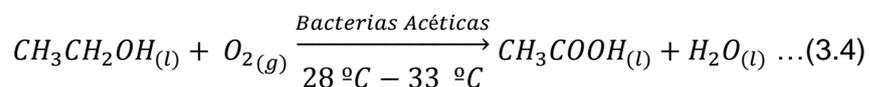
se activan. Probablemente el mejor procedimiento sea mantener un recipiente abierto de mosto alcohólico, cubierto con una malla gruesa, en un lugar cálido y oscuro para que en unas semanas la "madre de vinagre" se forme. Se puede añadir un 25 % de sidra comercial o vinagre de vino a la jarra para inhibir otros organismos no acetificantes. El vinagre no debe contener SO₂ u otro conservante (Lea, 2013).

La "madre" es simplemente una alfombra flotante de celulosa hecha por los propios *Acetobacter* para mantenerlos cerca de la superficie, ya que el aire es esencial para su existencia. Una vez que esté seguro de que tiene una verdadera "madre" gelatinosa y no una levadura de película fina, y realmente se puede oler el vinagre, puede añadir en el barril con la cantidad necesaria de sidra todavía seca y su proceso de Orleans estará en curso. Mantener el calor, hasta 30 °C, si puede, para obtener mejores resultados (Lea, 2013).

El alcohol se convierte en vinagre a una tasa de aproximadamente 1 % por semana para que una sidra con un alcohol de 6 % obtenga un vinagre de ácido acético al 6 %, en un par de meses más o menos. Dos tercios del barril se sacan como vinagre, luego se añade la sidra fresca, y el ciclo se repite.

Esta es la etapa fundamental del proceso, debido a que en esta operación se obtiene el ácido acético, compuesto principal del vinagre.

La principal reacción química involucrada en esta fermentación es la reacción de síntesis de ácido acético y está representada por la ecuación 3.4.



Durante el proceso, el alcohol etílico es transformado en ácido acético y agua por acción de bacterias que generalmente son grupo *Acetobacter*, en presencia de oxígeno (bacterias aeróbicas).

Bacteria acética

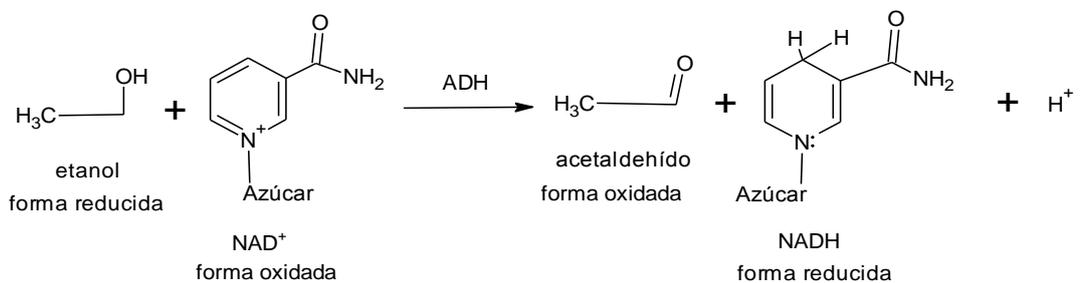
La *Acetobacter* es una bacteria gramnegativa. Oxida el etanol en ácido acético. Además es capaz de oxidar hasta dióxido de carbono al ácido acético que produce, al contrario de la *Gluconobacter*. Ésta última no oxida el etanol, ya que no tienen un conjunto completo de enzimas del ciclo de Krebs.

Con el *Acetobacter* dentro vinagre el CO_2 fluye como gas. A medida que estas bacterias producen ácido, por lo general son ácido tolerantes, creciendo muy por debajo de pH 5,0, aunque el pH óptimo para el crecimiento es 5,4 a 6,3.

Una especie de *Acetobacter*, *Acetobacter xylinum*, es capaz de sintetizar celulosa, algo que normalmente realizan sólo las plantas.

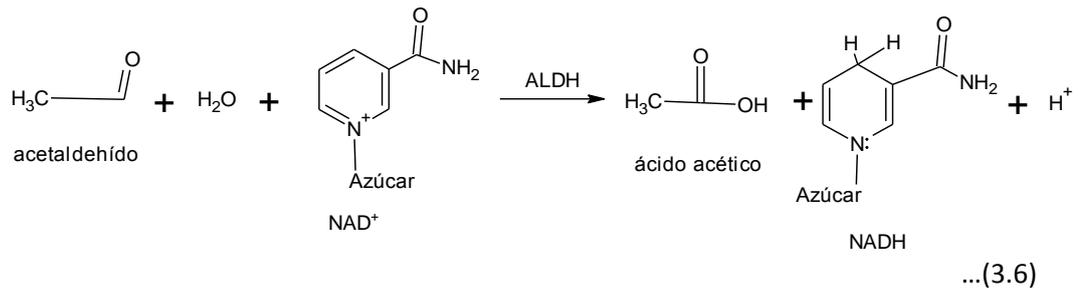
a. Oxidación del etanol a ácido acético por bacterias

La ecuación 3.5 presenta la oxidación biológica del etanol. La enzima alcohol deshidrogenasa (ADH) cataliza una oxidación: la eliminación de dos átomos de hidrógeno de la molécula de alcohol. El agente oxidante es dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD). La NAD existe en dos formas: la oxidada, conocida como NAD^+ , y la reducida, llamada NADH. La ecuación 3.5 muestra que el etanol se oxida para formar acetaldehído, y la NAD^+ se reduce en NADH. (Wade, 2012)



...(3.5)

Una oxidación posterior (ecuación 3.6), catalizada con aldehído deshidrogenasa (ALDH), transforma el acetaldehído en ácido acético, un metabolito normal. (Wade, 2012)



Las enzimas se hallan asociadas a la membrana citoplasmática y tiene como coenzima al NAD^+ , éste actúa como aceptor de hidrógeno que después se reduce a NADH , el cual es el encargado del transporte de electrones y crea un protón motriz fuerte a través de la membrana que es utilizado para sintetizar ATP (adenosín trifosfato).

Esta operación se realiza en fermentadores especiales, diseñados según el sistema y proceso a trabajar.

Para la obtención de una buena fermentación es muy importante la presencia de oxígeno durante todo el proceso y la siembra inicial de bacterias seleccionadas. La aireación (oxigenación) se logra mediante la introducción del mismo al sistema de fermentación, a través de compresores, ventiladores o simple convección natural; puede ser aplicado directamente al seno del líquido o a su interface.

La adición de bacterias seleccionadas o vinagre iniciador se realizan en el punto anterior.

Es necesario realizar controles periódicos de la disminución del alcohol y aumento del ácido acético, con la finalidad de determinar el tiempo final de reacción. Un porcentaje de alcohol no superior a 0,5 % debe quedar como remanente al final de la fermentación, esto debido a que se agotarse dicho

compuesto, se generará la disminución de las bacterias presentes y utilizables en la reacción.

Dependiendo del tipo de fermentación realizada, la reacción puede tener un tiempo desde 3 a hasta 90 días.

Normalmente se puede obtener un rendimiento de hasta 0,8 partes de ácido acético por 1 parte de alcohol etílico.

b. Factores que afectan la fermentación acética

Anteriormente se dio mención a la fermentación acética como la operación principal dentro del proceso de obtención del vinagre. Y también se explicó las reacciones que la involucran y algunos detalles. Ahora mencionaremos los principales factores que afectan dicha reacción, y por lo tanto la calidad del producto obtenido en función de ellos. Según Yetiman (2015), la *Acetobacter Okinawensis* fue frecuentemente aislada en muestras de zumo de manzana.

La acidez final se ve afectada más por la variedad de fruta que por el clima. La acidez tiene dos aspectos importantes: acidez total y pH, y ambos son útiles para saber. La acidez total se relaciona con nuestra percepción de sabor ácido, mientras que el pH se relaciona mejor con diversos aspectos de la bioquímica de fermentación. Estos dos están relacionados, pero no de una manera sencilla, a pesar de que la acidez siempre sube cuando el pH disminuye y viceversa. En términos de ácido valorable total (málico), deberíamos estar buscando 0,3 % - 0,5 % en un jugo de manzana. Sea cual sea la escala en la que se está trabajando, también debe tener algún tipo de 'compartimiento para el aire', que quede instalado antes que la fermentación comience o poco después, para permitir que el gas de dióxido de carbono se escape evitando que el aire ingrese. Si es importante que el mosto alcohólico final deba ser impecablemente claro, se puede añadir una enzima pectolítica, lo que ayuda a garantizar que toda la pectina se descomponga. La pectina es una especie de pegamento natural que se adhiere a las células de la manzana (Lea, 2013).

b.1. Características de la materia prima

Existen algunos puntos a tener en cuenta y que afectan las características del producto obtenido de la fermentación y por lo tanto su calidad:

- El grado de higiene que se le da a la materia prima en recepción y a lo largo de todo el proceso, debido a que se pueden acarrear algunos microorganismos indeseados que pueden desestabilizar el producto de mediano a largo plazo e incluso pueden contener algunas enfermedades perjudiciales para el consumidor.
- El grado de azúcar es otro factor importante, pues exceso de este puede provocar posterior contaminación de las levaduras.
- El grado de alcohol no debe exceder el rango de 10°– 12°. Algunos autores entregan una concentración óptima de alcohol de 13 g/L, aunque ello depende también de la concentración de ácido acético, pues este último tiene un carácter de activador y a la vez de inhibidor, sobre la actividad del microorganismo *Acetobacter Aceti*, por lo que han propuesto un efecto de activación sobre el crecimiento del microorganismo cercano a 10 g/L para el metabolismo bacteriano (ver figura 3.5).

b.2 Temperatura y aireación

La temperatura influye sobre el crecimiento del microorganismo, de esta forma, el proceso de fermentación es viable entre los 28 °C y 33 °C. Sin embargo, cuando la temperatura es superior a 33 °C o está por sobre la temperatura óptima, ocurre un proceso de desactivación bacteriana, en el cual las enzimas son desnaturalizadas, la membrana dañada, causando que los constituyentes se dispersen y el organismo sea más sensible a los efectos tóxicos de la célula, además de aumentar las pérdidas de alcohol y productos volátiles.

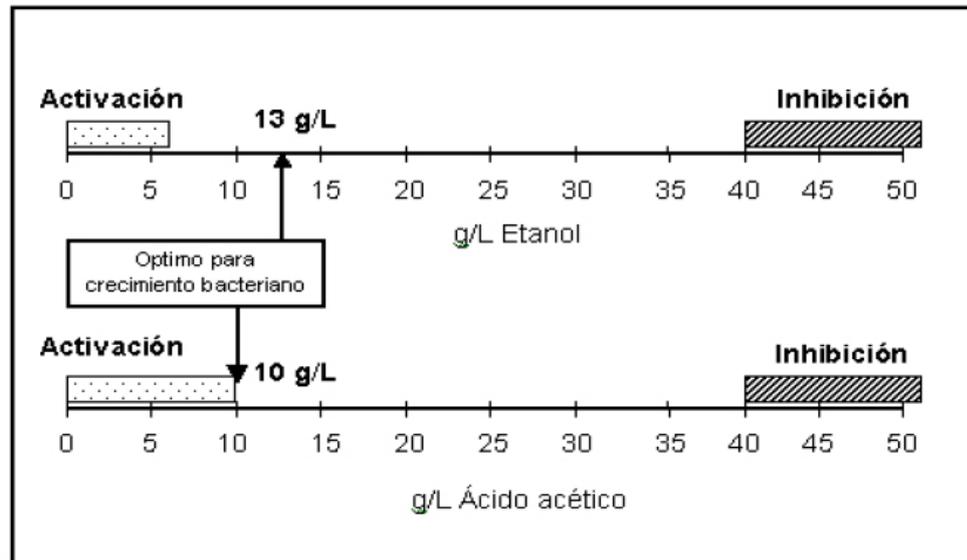


Figura 3.5: Influencia de concentración de etanol y ácido acético sobre el crecimiento bacteriano de *Acetobacter Aceti*. Fuente: De Ory, Romero, & Cantero (2001)

El factor aireación se considera fundamental, dado que las bacterias acéticas requieren de un suministro constante de oxígeno, además de una agitación orbital para homogeneizar el contenido y garantizar la aireación. Por ello se ha determinado una cantidad de aire aproximada óptima de 0,5 vvm (que es el volumen de aire introducido, por unidad de volumen de fermentador por minuto).

Además de la cantidad de aire suministrado, se debe considerar la pureza y calidad de éste, las bacterias acéticas son sensibles a contaminantes presentes en el aire.

b.3. Concentración del inóculo

El cultivo selectivo de *Acetobacter aceti* debe estar en fase exponencial de crecimiento, con una concentración de biomasa total, del orden de 500×10^6 células/mL, de acuerdo a De Ory *et al.* (2001).

Para Soo Park *et al.* (1988), la producción de ácido acético se lleva a cabo con una concentración de células viables del orden de $1,9$ a $4,7 \times 10^8$ cel/mL, aumentando la productividad de ácido acético.

b.4. Organismos iniciadores de la fermentación

Según diversos autores las bacterias acéticas se clasifican en dos géneros: *Acetobacter* y *Gluconobacter*. Según Yetiman & Kesmen (2015), existe un tercer género *Komagataeibacter* que también es responsable junto a las dos anteriores de la fermentación acética en el vinagre.

Esta clasificación se basa en la habilidad de sobre oxidar el acetato y el lactato y la posición de flagelos, puesto que *Acetobacter* prefiere oxidar el etanol más que glucosa y *Gluconobacter* prefiere oxidar glucosa más que al etanol.

El tipo de bacteria utilizada en la industria del vinagre mayoritariamente es *Acetobacter*, sin embargo el género *Gluconobacter*, perteneciente al grupo de las bacterias acéticas es usado en aplicaciones industriales como fermentación de ácido glucónico, sorbosa y dihidroxiacetona.

Las principales especies del género *Acetobacter* son *Acetobacter aceti*, *Xylinumy Ascenden*, *Pasteurians*, *Polyoxogenes* y *Europeanus*, que son los tipos más populares usados en las industrias elaboradoras de vinagres.

Determinación de la acidez acética

- Se toman 10 mL de vinagre con una pipeta.
- Se ponen en un Erlenmeyer y se le adiciona entre 20 mL a 30 mL de agua destilada.
- Se le adiciona 2 a 3 gotas de fenolftaleína
- Se titula con hidróxido de sodio 0,1N, hasta color rosado tenue y se anota el gasto.

Se hace el cálculo de la acidez acética con la ecuación 3.7, la cual relaciona el % de acidez total en gramos de ácido acético por 100ml (acidez acética) en función del gasto (G).

$$\% \text{ de acidez acética} = \frac{G \times N \times m.e.}{10} \times 100\% \dots(3.7)$$

- Donde:
- G= gasto de NaOH 0,1 N (mL)
- N= normalidad de NaOH (0,1 N)
- m.e= miliequivalente del ácido acético (0,060)

Separación del vinagre y carga con nuevo mosto alcohólico

Una vez terminado el punto final de la fermentación, se procede a separar la mitad del vinagre, dejando la otra mitad para que sirva de inóculo al nuevo mosto alcohólico, el cual será adicionado en la misma proporción que del vinagre que fue retirado del tanque de fermentación.

Clarificación

Los diversos tipos operaciones para la clarificación dependen del grado de turbidez del vinagre y estas pueden ser:

- Auto-clarificación

Es una simple sedimentación por gravedad, sin adición de sustancias coagulantes; cabe resaltar que para darse esta operación es necesario que el vinagre que se descarga del fermentador esté lo suficientemente limpio, ya que la precipitación se produce lentamente.

- Clarificación físico – química

Basada en el uso de material clarificante (coagulantes), que forman complejos coloidales con las sustancias insolubles del vinagre, para luego aumentar su masa y favorecer la precipitación por gravedad.

Los clarificantes pueden ser de naturaleza orgánica e inorgánica, pero generalmente se utilizan mezcla de ambos.

Los clarificantes orgánicos son más eficaces pero alteran la naturaleza del vinagre, estos pueden ser: gelatina, albúmina de huevo, albumina de sangre, caseinato potásico, etc.

Los clarificantes inorgánicos forman un gel en solución acuosa que atrapa las partículas y favorece la decantación, sin alterar la composición del vinagre, los más usados son la bentonita y el gel de sílice, tierras activadas, caolín, etc.

Si el vinagre está muy turbio será necesario utilizar ciertos clarificantes.

Esta operación permite separar los sólidos suspendidos (taninos, polifenoles, proteínas, etc.) del vinagre, con la finalidad de estabilizar el producto durante su vida comercial. La bentonita previamente es hidratada por 24 horas, luego se agrega gelatina base, la cual ha sido disuelta en agua caliente, el conjunto se agita para lograr una buena homogenización y se deja por 24 horas para que sedimente y finalmente filtrar.

Filtrado

Se realiza para eliminar los sólidos y los clarificantes utilizados y dejar el vinagre claro y transparente. Emplea un material filtrante como filtros, coladores finos, mallas o telas.

Hay tres grados de filtración según el diámetro de las partículas retenidas:

Filtración de desbaste, se separan partículas de diámetro superior a 10 micras.

Filtración de profundidad o abrillantamiento, se retienen partículas cuyo diámetro se encuentra entre 1 y 10 micras.

Filtración esterilizante o estabilizante, retiene partículas con un diámetro inferior a 1 micra y es la llamada microfiltración.

Industrias más modernas han optado por el uso de sistemas de tecnología de membranas y/o micro filtración, que se pueden considerar como una barrera o película permeo-selectiva entre dos medios fluidos que permite la

transferencia de determinados componentes de un medio al otro a través de ella y evita o restringe el paso de otros componentes. El acetato de celulosa se usa como material de membrana, encontrándose que los poros del tamaño 0,2 y 0,45 μm son convenientes desde el punto de vista fisicoquímico y en el aumento del flujo.

Estabilización

Para evitar que la bacteria acética vuelva a desarrollar y transforme el ácido acético en agua y anhídrido carbónico es necesario darle un tratamiento al vinagre para que inactive a esta bacteria. Este tratamiento puede ser un pasteurización (tratamiento con calor), lo cual no es muy práctico; o la adición de ciertas sustancias como el Metabisulfito de Sodio que se usa en la proporción de 35 mg/L y la sal NaCl que se usa en una proporción de 1 g/L.

Se pasteuriza a una temperatura de 63 +/- 2 °C por un tiempo de 25 minutos para asegurar una inactivación completa de los fermentos.

La estabilización de los vinagres permite mantener las características físicas, químicas y organolépticas durante el período de comercialización. Puede realizarse por medios físicos o químicos.

En la filtración estabilizante, quedan retenidos los microorganismos o partículas cuyo diámetro es menor a 1 micra y que contribuyen al riesgo de inestabilidad de vinagre. Este tipo de filtración no se consigue mediante un filtro común, sino por medio de membranas de microfiltración y/o ultrafiltración.

Envasado y/o almacenado

Una vez estabilizado el vinagre se procede al embotellado de vidrio. Es la parte final del proceso y es considerado fundamental debido a que si el producto final no se conserva en los envases o recipientes correspondientes y por lo tanto adecuados, puede llegar a perjudicar sus características físicas, químicas y/o organolépticas y por lo tanto no llegar con la calidad deseada al consumidor. Los envases de vidrio deben ser nuevos, si son de segunda mano, estos deberán lavarse, desinfectarse y esterilizarse. Se recomienda almacenar el vinagre en un ambiente limpio, seco y protegido del sol.

3.2.5.2 Métodos de elaboración de vinagre

-Cultivo superficial o proceso lento

En términos generales, la fermentación superficial se caracteriza porque las bacterias acéticas se encuentran en contacto directo con oxígeno gaseoso, situadas bien en la interfase líquido/gas, como es el caso del método Orleans, o bien fijadas a soportes de materiales tales como virutas como en el método alemán.

A pesar del avance tecnológico, estos métodos presentan desventajas, como la pérdida de sustancias volátiles por evaporación; el material de soporte, como las virutas de madera, se contamina fácilmente y es preciso reemplazarlo cada año; además es un proceso lento, por lo que se ha optado por el proceso de fermentación sumergida

-Método Orleans

Cubas de madera llenadas parcialmente de una mezcla de vinagre y mosto. Luego se dejaba fermentar hasta llegar a la acidez correcta, entonces se retira parte y se rellena con vino. Los rendimientos de la transformación de etanol a acético eran bajos y el proceso lento. No obstante, también el vinagre obtenido tenía el aroma y el gusto propio de la lentitud de la acetificación que favorecía el añejamiento. (Llaguno & Polo, 1991)

El método utilizado en el presente proyecto es una modificación del método Orleans. Los otros métodos históricos se desarrollan en el anexo 36.

3.2.5.3 Cinética de las fermentaciones

Para el estudio cuantitativo de la cinética de procesos de fermentación, hay que tener presente el modo de reproducción de las células procariotas y eucarióticas de interés. Las células procariotas se reproducen por fisión binaria, proceso que se indica con la replicación del cromosoma y culmina con la separación de las células idénticas, sin que sea posible diferenciar una célula madre de una célula hija. Por ello la edad máxima de cada célula microbiana es el lapso comprendido entre dos replications sucesivas. Otra característica importante de este tipo de población es que las células se

presentan en forma individual o en asociaciones débiles de pocos individuos, pudiendo ser dispersados homogéneamente en el medio líquido del cultivo. (Tokashiki *et al.*, 1994)

En el caso de los organismos eucarióticos, se deben distinguir las levaduras y los hongos filamentosos o mohos. Las levaduras se desarrollan en células individuales fácilmente dispersables que se reproducen por yemación en condiciones de pleno crecimiento, aunque también poseen un ciclo de reproducción mediante esporas. En el caso de yemación se reproduce una célula hija y permanece viable la célula madre por lo que un cultivo de levaduras se puede considerar heterogénea en cuanto a la edad, asimismo el estado fisiológico de las células que lo componen. Después de un determinado número de yemaciones la célula pierde viabilidad. En los mohos se acentúa la importancia de la reproducción asexual y sexual mediante esporas. (Tokashiki *et al.*, 1994)

a. Cinética de cultivo por lote

El comportamiento cinético está determinado por un complejo conjunto de factores genéticos y ambientales. Entre estos últimos destacan las llamadas condiciones de operación (composición del medio, temperatura, pH, etc) y la modalidad del cultivo, entre las que distinguimos el cultivo por lotes. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Se puede definir el cultivo por lotes como aquel que se realiza sin intercambio de materia con los alrededores, salvo lo referente a los gases (aireación, producción de CO₂ y otros gases) que se suministran y se retiran del sistema en forma continua. En esta modalidad de cultivo se cargan los nutrientes inicialmente luego se inocula con una determinada cantidad de células viables. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Se inicia así el cultivo que transcurre en su forma característica dada por la llamada curva de crecimiento hasta que algún evento tal como el agotamiento de un nutriente esencial, lo detiene. (Tokashiki *et al.*, 1994)

En la figura 3.6 se muestra una típica curva de crecimiento. La forma que se aprecia se da siempre que se cumplan ciertas condiciones: el cultivo se

realiza por lotes, todas las células que componen la población se reproducen a intervalos regulares, no existen en el medio de cultivo sustancias inhibitoras del crecimiento y su composición es simple en especial en relación a las fuentes de carbono y nitrógeno. (Tokashiki *et al.*, 1994)

La curva presenta varias fases o zonas a saber:

- a) Fase de latencia: fase en la cual se produce el reacomodo de la composición macromolecular al nuevo ambiente en que se encuentra las células inoculadas
- b) Fase de crecimiento exponencial o logarítmica: las células se encuentran en plena reproducción a una velocidad que es la máxima para el juego de condiciones existentes, por no existir limitaciones de nutrientes
- c) Fase estacionaria: se alcanza cuando se agota un nutriente, razón por la cual se detiene el crecimiento.
- d) Fase de muerte o decaimiento: esta fase se presenta en aquellos cultivos en los que se inducen enzimas acetolíticas en condiciones de inanición.
- e) Fase de crecimiento críptico: en algunos cultivos es posible apreciar una zona de crecimiento lento después de la muerte. El contenido citoplasmático liberado por células ligadas proporciona los nutrientes requeridos para el crecimiento.

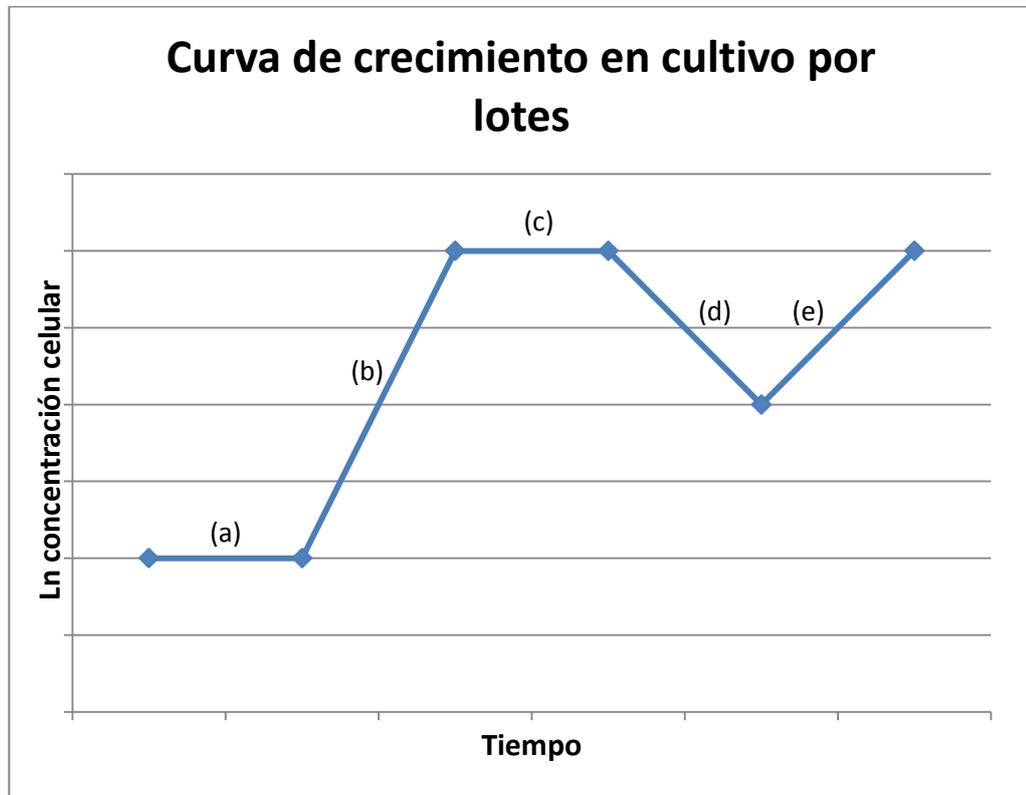


Figura 3.6. Curva de crecimiento en cultivo por lotes Fuente: Borzani (2008)

b. Modelos cinéticos de la fermentación

i. Modelo cinético de crecimiento celular

El crecimiento unicelular en los cultivos batch son los que tienen mayor importancia comercial, es expresado en términos de la concentración celular x , la del sustrato limitante S_0 y la de un inhibidor I_0 . La ecuación 3.18 permite estimar la concentración celular a cualquier tiempo t . (Tokashiki *et al.*, 1994)

Debe considerarse que las condiciones de temperatura, fuerza iónica y pH, que se establecen al principio de la fermentación es muy probable que varíen en el transcurso de la misma y dichos parámetros tienen que permanecer constante. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Una expresión general es:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, S_o, I_o, T, pH, etc) \dots (3.8)$$

Donde:

x : concentración celular

S_o : concentración inicial del sustrato (% en peso)

T : temperatura

I : concentración de inhibidores de fermentación

En 1942 Monod estableció un modelo de crecimiento microbiano empírico:

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S_o}{K_S + S_o} \dots (3.9)$$

El crecimiento de una población microbiana puede ser representado por:

$$\frac{dx}{dt} = \mu x \dots (3.10)$$

La velocidad específica de crecimiento μ es constante durante la fase de crecimiento exponencial.

$$\mu = \left(\frac{1}{x}\right) \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{d \ln x}{dt} \dots (3.11)$$

En la fase exponencial es posible integrar la ecuación 3.11

$$\ln \left(\frac{x}{x_o}\right) = \mu t \dots (3.12)$$

O bien

$$x = x_o \cdot e^{\mu t} \dots (3.13)$$

Relacionado con μ existe otro parámetro cuya interpretación física puede aparecer en forma más directa.

El tiempo de duplicación: t_d , definido como el intervalo de tiempo entre dos duplicaciones sucesivas.

Si imponemos esos límites para integrar la ecuación 3.10 resulta

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu} \dots (3.14)$$

Tiempos de duplicación característicos se presentan en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Tiempos de duplicación característicos

Tipo de célula	T _d (h)
Bacterias	0,2 - 2,0
Levaduras	1,0 - 4,0
Hongos filamentosos	2,0 - 7,0
Microalgas	18 - 35
Células animales in vitro	20 - 40

Fuente: Borzani (2008)

Cuando el crecimiento de un cultivo por lote solo está limitado por la cantidad inicial del sustrato, la curva de crecimiento puede expresarse en términos de los parámetros de crecimiento. (Tokashiki *et al.*, 1994)

La bien conocida ecuación de Monod, describe la relación entre la velocidad específica de crecimiento μ y la concentración S_0 .

$$\mu = \frac{\mu_{max} \times S_0}{K_S + S_0} \dots (3.15)$$

μ_{max} : Velocidad específica máxima de crecimiento

K_S : constante de saturación

Identificando las ecuaciones (3.10) y (3.15) relacionando obtenemos:

$$\frac{dx}{x} = \left(\frac{\mu_{max} \times S_0}{K_S + S_0} \right) dt \dots (3.16)$$

La velocidad específica se mantiene constante en la fase de crecimiento, integrando se tiene:

$$\ln \left(\frac{x}{x_0} \right) = \mu_{max} \times \left(\frac{S_0}{K_S + S_0} \right) \times (t - t_0) \dots (3.17)$$

O también

$$x = x_0 \cdot e^{\mu_{max} \left(\frac{S_0}{K_S + S_0} \right)} (t - t_0) \dots (3.18)$$

Donde:

x_0 : concentración inicial de células

t_0 : tiempo de inicio de la fase de crecimiento logarítmico

ii. Modelo cinético de consumo de sustrato

En el transcurso de la fermentación se verifica la disminución de la concentración de sustrato debido a la acción enzimática. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Esta ecuación que expresa la variación de la concentración de sustrato con el tiempo definimos la velocidad específica de consumo de sustrato (μ_S)

$$\mu_S = -\frac{1}{S} \times \left(\frac{dS}{dt} \right) \dots (3.19)$$

Donde S es la concentración de sustrato que varía con el tiempo.

El crecimiento celular está asociado directamente al consumo de sustrato. Se define la siguiente ecuación.

$$\mu_S = K_1 \times \mu \dots (3.20)$$

Donde

μ_S : velocidad específica de consumo de sustrato (1/hr)

μ : Velocidad específica de crecimiento celular (1/hr)

K_1 : constante de proporcionalidad

Sustituyendo la ecuación 3.19 en la ecuación 3.20 obtenemos:

$$-\frac{1}{S} \times \left(\frac{dS}{dt} \right) = K_1 \times \mu \dots (3.21)$$

$$-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = K_1 \times \mu_{max} \times \left(\frac{S_0}{K_S + S_0}\right) (t - t_0) \dots (3.22)$$

Esta ecuación representa el modelo cinético propuesto para el consumo de sustrato en función del tiempo.

iii. Modelo cinético de formación de producto

Para determinar la ecuación cinética de la formación de producto se asume que la formación de producto está asociada con el crecimiento celular, cuando un sustrato se convierte estequiométricamente en un solo producto de la siguiente forma (Tokashiki *et al.*, 1994).

$$\frac{dP}{dt} = K_P \left(\frac{dx}{xdt}\right)^\alpha = K_P \times \mu^\alpha \dots (3.23)$$

Donde:

P : concentración del alcohol etílico

μ : velocidad específica de crecimiento celular

K_p : constante de proporcionalidad (mg*h/mL)

α : constante adimensional

Si la concentración de "So" se mantiene constante y el valor de α y K_p aumentan; esto significa que la actividad celular se incrementa debido a la presencia de cofactores * dando como resultado una mayor velocidad de formación de producto. (Tokashiki *et al.*, 1994)

Reemplazando la ecuación 3.15 en la ecuación 3.23 obtenemos:

$$\frac{dP}{dt} = K_P \left(\frac{\mu_{max} \times S_0}{K_S + S_0}\right)^\alpha \dots (3.24)$$

Integrando:

$$P - P_0 = K_P \left(\frac{\mu_{max} \times S_0}{K_S + S_0}\right)^\alpha \times (t - t_0) \dots (3.25)$$

Donde:

t_0 : es la fase de latencia (h)

P_0 : 0 durante la fase de latencia

K_p, α : se obtienen experimentalmente

*Se conoce la intervención de las enzimas en la catálisis de las reacciones bioquímicas. Para ejercer su actividad catalítica cierto número de ellas tienen necesidad de un cofactor que puede ser según los casos: un ion metálico, un agrupamiento prostético sólidamente ligado, en consecuencia no dissociable de la proteína enzimática o una coenzima cuyo modo de acción es similar al precedente, pero que al no estar ligada a la proteína o al estarlo poco, se comporta como un sustrato de la reacción. (Tokashiki *et al.*, 1994)

CAPÍTULO 4. ELABORACIÓN ARTESANAL DE VINAGRE EN EL CASERÍO DE AZPITIA

4.1 Caracterización de la materia prima

Aliaga (1969) y Arévalo (1972) señalan que uno de los principales problemas del valle de Mala, en lo concerniente a la venta de manzana, es la considerable pérdida que representa la no utilización de la manzana caída del árbol, ya que además de tener mala presentación, no es posible su comercialización en el mercado de frutas frescas.

“En lo referente al procesamiento de manzana para la obtención de pulpa, Bergeret (1964) indica que se deben desechar las sobremaduras, las picadas por insectos y las verdes. Dentro de toda industria, uno de los problemas más difíciles es la colocación de la fruta de descarte o sobrante, que muchas veces alcanza cifras importantes.” (Salazar, 1978)

4.1.1 Descripción de la materia prima

Está constituida por la manzana de las variedades Delicia y Pachacamac de segunda calidad, es decir, aquellas que han sido afectadas en su apariencia por alguna plaga o enfermedad, pero sin llegar al estado de putrefacción total; también se consideran las golpeadas y las de menor tamaño respecto al patrón de presentación (figura 4.1 y figura 4.2) para venta directa (como mínimo 10 cm de diámetro en ambas variedades).



Figura 4.1 Manzana variedad Pachacamac. Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (2015)



Figura 4.2 Manzana variedad Delicia. Fuente: Reguera (2017)

4.2.2 Características de la plantación

El huerto proveedor de las manzanas Pachacamac y Delicia para el desarrollo del presente proyecto es la que se presenta en las figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6 con área de 525 m² (35 m x 15 m). La plantación está trazada de la siguiente manera:

- 1 fila de 15 arbustos de la variedad Delicia con una altura promedio de 1,5 m
- 3 filas de 15 arbustos de la variedad Pachacamac con una altura promedio de 2,5 m

Con respecto a la fertilización de la tierra, ésta tiene un carácter natural, es decir utiliza materia orgánica, residuos de frutas (cáscaras, semillas y parte central de frutas - mixtas).

La producción de manzanas en el verano de 2015 se presenta en la tabla 4.1. Se observa que la cantidad de manzana empleada para realizar el vinagre fue alrededor de 500 kg. Lo cual representa aproximadamente el 15 % de la producción total de manzana en la huerta. Es decir un total 3,3 TM de manzana se cosecharon ese año.



Figura 4.3 Vista satelital del terreno de plantaciones de manzana. Fuente: Google Earth (2017)

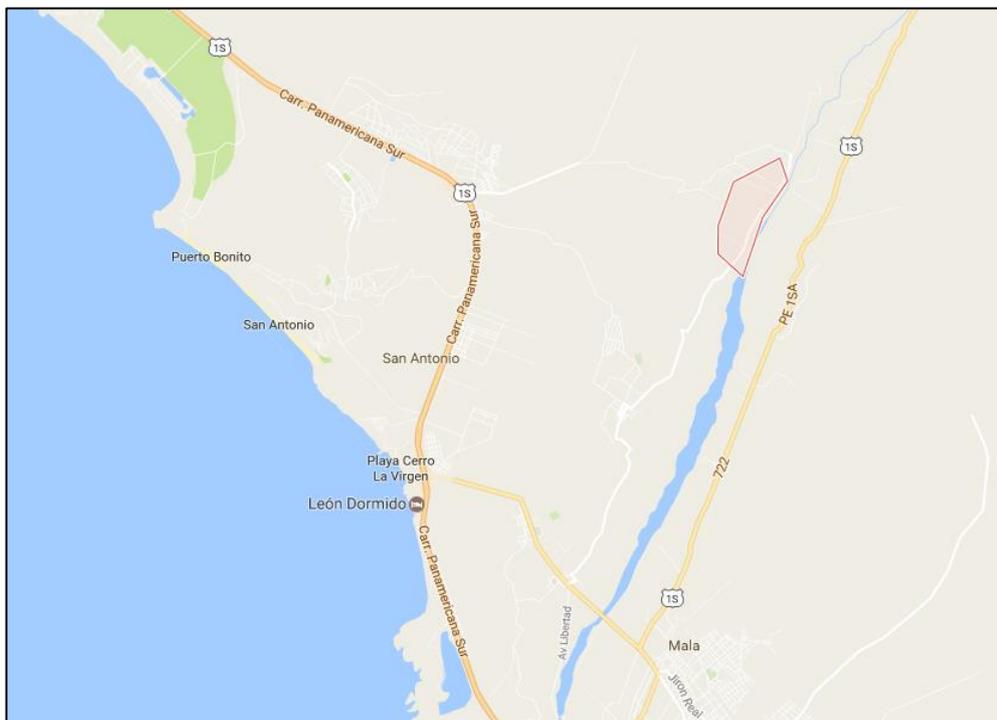


Figura 4.4 Mapa de ubicación de Azpitia (en rojo) Fuente: Google Maps, (2017)

Tabla 4.1 Etapa de extracción en el proceso artesanal 2015

Fecha	Cosecha	Variedad	Pesos en kg				
			Fruta	Cortes	Hollejo	Extracto	Merma
22/01/2015	1	Pachacamac	32,6	6,0	10,9	15,5	0,2
01/02/2015	2	Pachacamac	47,2	9,4	14,0	22,9	0,9
01/02/2015	2	Delicia	4,2	0,4	1,5	2,2	0,1
11/02/2015	3	Pachacamac	58,4	10,8	17,2	30,0	0,3
15/02/2015	4	Pachacamac	37,6	6,3	10,4	20,9	0,0
15/02/2015	4	Delicia	21,7	2,7	6,7	12,3	0,0
21/02/2015	5	Pachacamac	39,8	6,3	12,1	20,4	1,0
21/02/2015	5	Delicia	15,0	1,2	3,5	9,7	0,5
27/02/2015	6	Pachacamac	25,5	5,0	6,3	13,9	0,4
27/02/2015	6	Delicia	9,3	1,1	2,5	5,7	0,0
08/03/2015	7	Mixto	32,1	6,2	5,5	20,1	0,3
14/03/2015	8	Mixto	65,9	12,5	17,2	35,8	0,4
21/03/2015	9	Mixto	31,8	6,2	8,5	16,9	0,3
02/04/2015	10	Mixto	78,1	16,6	17,9	43,3	0,3
Sumatoria	-	-	499,1	90,7	134,0	269,7	4,6

Nota: Datos tomados del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García.

En el anexo 24 se presenta los rendimientos de etapa de extracción en el proceso artesanal 2015. Así mismo en el anexo 25, se evidencia el control del porcentaje de acidez de vinagre en proceso artesanal 2015.



Figura 4.5 Vista longitudinal del terreno de plantaciones de manzana.

Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).



Figura 4.6 Plantaciones de manzana en huerto – Azpitia. Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).

4.1.2 Características fisicoquímicas.

Tabla 4.2 Métodos utilizados para determinación de características fisicoquímicas de materia prima

Análisis	Unidad	Método a usar	Resultado	Teórico USDA
Azúcares Totales	g/100g de muestra original	NTP 209.173 1999	11,0	10,36
Sólidos Totales/ Humedad	g/100g de muestra original	NTP 203.171 1977	20,3/79,7	14,44/85,56

Nota: Analizado por el Laboratorio de Calidad Total UNALM (Anexo 27)

De la tabla 4.2 se observa que la manzana está por encima del promedio de azúcares totales reportado por (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 2016). Esto evidencia una buena cantidad de azúcar, por lo tanto un alto contenido de alcohol potencial y por ende de ácido acético.

4.1.3 Características microbiológicas

En la tabla 4.3 se muestra los métodos que se aplican en la determinación de características microbiológicas.

Tabla 4.3 Métodos por utilizar para determinación de características microbiológicas de materia prima

Análisis	Unidad	Método a usar
Coliformes	Unid/g	ISO - 4831
Levaduras	Unid/g	ISO - 4954
Bacterias mesófilos	Unid/g	ISO - 7402

Nota: ISO son las siglas de la Organización Internacional de Normalización.

4.2 Descripción del proceso

El proceso de elaboración de vinagre de manzana utilizado por los pobladores de Azpitia se grafica en el diagrama de flujo de la figura 4.7, y las etapas son descritas a continuación:

1. Pesado de materia prima utilizando jabs de polipropileno
2. Lavado doméstico de materia prima con unos 10 ml de Lejía comercial por balde de agua para lavado.
3. Cortado de manzanas con cuchillo extrayendo las zonas podridas, zonas golpeadas, semillas, tallos y parte central, las cuales contienen componentes que no benefician la fermentación alcohólica ni la fermentación acética. Esto se realiza porque genera un exceso de residuos sólidos y no permite obtener una buena apariencia al producto final.
4. Elaboración de extracto de manzana con el uso de una extractora doméstica. Se agrega en un balde de plástico semi-cerrado para que los gases liberados se expandan al ambiente. El producto se grafica en la figura 4.8



Figura 4.7 Diagrama de flujo del proceso artesanal de elaboración del vinagre de manzana Fuente: Hatta (1993)



Figura 4.8 Extracto de manzana antes de iniciar la fermentación alcohólica. Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).

5. El rendimiento en la etapa de cortado y extracción de materia prima se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$R1 = \frac{m_m}{m_{mp}} \times 100 \%$$

Donde:

- m_m : masa de mosto obtenido
- m_{mp} : masa inicial de materia prima
- R1: rendimiento de etapas cortado y extracción

También se calculó el rendimiento en la etapa de extracción con la siguiente fórmula:

$$R2 = \frac{m_m}{m_{mp} - m_{trozos}} \times 100 \%$$

Donde:

- m_{trozos} : masa de tallos, corazón y manzana en mal estado separada en el cortado.
- R2: rendimiento de etapa de extracción.

6. Se deja reposar durante 1 semana o 2 semanas para que se desarrolle la fermentación alcohólica. La velocidad de fermentación depende de las condiciones de la fermentación alcohólica y de la materia prima. Se grafica en la figura 4.9. Por tradición se dejan pasar unas 2 semanas desde que se inició la fermentación acética. La interrupción de la fermentación se basa en 2 criterios:

- a. La apariencia del extracto debe estar transparente.
- b. Si se nota los primeros indicios de formación de bacteria acética por el color blanco característico y/o si se percibe el olor característico de vinagre.

7. Una vez completada la fermentación alcohólica se trasvasan los fermentados desde los baldes hacia las incubadoras donde se realizará la fermentación acética. Utilizando como medio de filtración coladores que van desde mallas con mayor y menor abertura número de malla. Seguidamente se añade el vinagre iniciador que contiene las bacterias acéticas activas, teniendo en cuenta que no se cuantifica la cantidad de bacteria agregada, sólo es referencial según la cantidad de mosto a fermentar. La madre del vinagre se grafica en la figura 4.10

8. Se realiza el control semanal del grado de acidez mediante valoración con soda cáustica y cuando se consiga el 4 % en volumen se dispone al embotellado. La "incubadora" acética se grafica en la figura 4.11. Se utiliza la ecuación (1) descrita anteriormente.

9. Previamente al embotellado, se realiza el filtrado y la pasteurización del vinagre a 60°C durante media hora. La filtración de 4 litros de vinagre toma 60 minutos mediante un filtro colector de péptidos e impurezas orgánicas. La pasteurización de 8 L toma 30 minutos donde la olla que contiene el vinagre es de acero inoxidable y se realiza a fuego bajo.

10. El embotellado manual de 8 L de vinagre toma unos 15 minutos. (37 botellas de 215 mL).



Figura 4.9 Mosto alcohólico de manzana en proceso Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).



Figura 4.10 Vinagre iniciador. Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).



Figura 4.11 Fermentador acético. Nota: Fotografía tomada del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García (8/03/2015).

Durante el año 2014, los agricultores de Azpitia trabajaron el vinagre en la y en la tabla 4.4 se muestran resultados de un productor de la zona. Como se puede apreciar, no se tiene un orden ni una metodología establecida de toma de muestras ni de adición de producto fresco a los fermentadores. Por otra parte se utilizó un densímetro en la fermentación alcohólica el cual no tiene la suficiente resolución para diferenciar el avance correcto del mosto fermentado. Adicionalmente no se estandarizaba el NaOH 0,1 N luego de preparar y se utilizaba durante varias semanas. Sin embargo los valores rescatados ofrecieron una referencia de los valores posteriormente obtenidos.

4.3 Equipos utilizados

En la tabla 4.5 se analiza cada una de las etapas del proceso artesanal, los equipos y herramientas utilizadas, y los controles respectivos de proceso y de producto en proceso.

Tabla 4.4 Corrida 2014 Fermentación acética.

Fecha	Horas	% acidez				
		Balde				
		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
23/03/2014	0	0,5	1,2	0,6	-	-
30/03/2014	168	0,6	1,7	2,1	-	-
05/04/2014	312	0,6	2,4	2,9	-	-
12/04/2014	480	0,8	3,3	-	2,6	-
19/04/2014	648	0,8	4,3	-	5,0	-
27/04/2014	840	1,3	4,6	-	6,8	-
02/05/2014	960	1,6	4,8	-	7,2	-
09/05/2014	1128	2,4	5,3	-	8,0	-
24/05/2014	1488	3,4	6,0	-	7,8	-
01/06/2014	1680	4,2	5,8	-	-	3,4
15/06/2014	2016	5,6	6,4	-	-	5,4
29/06/2014	2352	6,7	7,4	-	-	7,0
20/07/2014	2856	8,4	7,2	-	-	7,7

Nota: Datos tomados del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García.

4.4 Producto final artesanal

4.4.1 Características fisicoquímicas

En Octubre de 2016 se analizó el vinagre elaborado con el método artesanal obteniendo los resultados mostrados en la tabla 4.6, donde figuran los métodos fisicoquímicos empleados para caracterizar el producto artesanal.

En el anexo 27 se adjunta el certificado de análisis y en el anexo 29 se detallan los procedimientos de los métodos aplicados.

4.4.2 Características microbiológicas

En el anexo 34 se mencionan las pruebas correspondientes para el análisis microbiológico del vinagre según Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (2016) para este producto alimenticio. En el anexo 39 se muestran los métodos microbiológicos internacionales.

Tabla 4.5 Operaciones: equipos, herramientas, parámetros controlados e instrumentos

Operación	Equipo/ herramientas (descripción)	Parámetros controlados	Instrumentos para monitoreo
Recepción de m.p.	Jabas de plástico de 20 kg de capacidad	Ninguno	Ninguno
Lavado de m.p.	Balde de plástico de 20 L	Ninguno	Ninguno
Trozado	Tablas de madera y cuchillos domésticos	Ninguno	Ninguno
Extracción	Extractor de doméstica (de cocina)	Ninguno	Ninguno
Fermentación alcohólica	Baldes de plástico transparente de 25 L c/tapa	Volumen de pulpa (20 l máximo). Tiempo de fermentación	Recipiente aforado.
Filtración	Coladores de cocina. Gasa quirúrgica.	Ninguno	Ninguno
Fermentación acética	Recipientes de 40 L de capacidad. Con tubería de salida de gases y aberturas para entrada de oxígeno con mallas protectoras	Volumen de mosto alcohólico. % de acidez.	Recipiente aforado Equipo de titulación (sin estandarización de NaOH)
Filtración	Gasa quirúrgica	Ninguno	Ninguno
Pasteurización	Ollas de cocina.	Temperatura. Tiempo	Termómetro de alcohol. Reloj.
Envasado	Embudos domésticos y jarras de cocina	Volumen de vinagre	Recipiente aforado

Nota: Datos tomados del huerto propiedad de la Ing. María Elisa García.

Tabla 4.6 Métodos utilizados para determinación de características fisicoquímicas de producto terminado artesanal

Análisis	Unidad	Método a usar	Resultado
Acidez Total %	g.CH ₃ COOH /100gmuestrafinal	AOAC 930.35(J) Cap. 43 Ed 19 Pág. 12 2012	4,18
Cenizas %	%	AOAC 930.35(D) Cap. 43 Ed 19 Pág. 12 2012	0,2
Densidad	g/mL	A.MONTES BROMATOLOGIA BEBID.ALCOHOLI. 1981	1,0017
Grado alcohólico	v/v	AOAC 930.35 (Q) Cap. 43 Ed 19 Pág. 13 2012	0,0
pH	-	AOAC 930.19 Cap. 28 Ed 19 Pág. 9 2012	3,2
Sólidos solubles	g/100 g de muestra original	NTP 203.072 (Revisado 2012) 1977-INACAL	6,0

Nota: AOAC son las siglas de la Asociación Oficial de Químicos Analistas e INACAL son las siglas del Instituto Nacional de Calidad.

CAPÍTULO 5. OPTIMIZACIÓN Y MEJORA AL PROCESO ARTESANAL

Para la optimización del proceso productivo se realizaron pruebas preliminares, las cuales sirvieron para tener una visión amplia del proceso y, de esta manera, plantear de una manera más clara la programación de corridas experimentales. El análisis de determinados parámetros del producto obtenido en cada corrida experimental otorgará el rechazo o aceptación de las hipótesis planteadas. Para el mejor estudio y análisis de los resultados obtenidos, se procederá a tabulación y/o trazado de curvas representativas. Identificado el proceso óptimo, se procederá a la corrida de verificación.

5.1 Corridas experimentales preliminares

Método de conservación de mosto de manzana en proceso

Durante el año 2015, mientras se trabajó en la zona de Azpitia en el recojo del producto, se separaban muestras de mosto de manzana para luego ser sometidas a fermentación. Con el fin de analizar el mejor método de conservar el mosto de manzana por un tiempo, sin variar considerablemente sus propiedades (cantidad de azúcar principalmente), se evaluaron las siguientes técnicas de conservación de muestras de mosto:

- 1) Congelado
- 2) Pasteurizado
- 3) Adición de bisulfito de sodio para preservación de muestras de pulpa (extracto) de manzana.

En conclusión, los métodos brindaron resultados equivalentes en eficiencia de conservación, prefiriéndose los que no utilizan bisulfito de sodio ya que éste es un reactivo que afecta el desarrollo de la *Acetobacter* que actuaría en la posterior fermentación acética. Además, en el anexo 26 se consignan las corridas experimentales del mosto en la etapa preliminar sometidas a fermentación, las cuales dan una idea de los tiempos de fermentación tanto alcohólica como acética.

5.2 Corridas experimentales

Luego de analizar los resultados de las corridas del proceso artesanal y de las corridas preliminares, se plantearon los siguientes diseños experimentales con el fin de evaluar las hipótesis específicas así como evaluar la hipótesis general del proyecto.

En la tabla 5.1 se muestra los valores de la variable dependiente (tiempo de fermentación) y los factores que interaccionan con estas variables en la fermentación alcohólica. En adición, se consideran los parámetros de temperatura de fermentación y pH constantes. En este caso, la temperatura se mantuvo entre 25 y 28 °C, debido a las condiciones ambientales, y pH entre 3,5 y 4,0, tal y como muestran en el promedio de mediciones de pH reportadas en el anexo 43.

Tabla 5.1 Combinaciones para evaluar el tiempo de fermentación alcohólica óptimo – Diseño factorial

g de levadura / Grados Brix	Tiempo de fermentación (h)		
	14 °Bx	15 °Bx	16 °Bx
0g	131,4	139,0	158,0
1g	57,1	69,5	83,0
2g	33,0	58,0	62,0

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

En la tabla 5.2 se muestra los valores de las variable dependiente (tiempo de fermentación) obtenidos experimentalmente y los factores que interaccionan con estas variables en la fermentación acética. En adición, se consideran los parámetros de temperatura de fermentación y pH constantes. En este caso la temperatura se mantuvo entre 25 y 28 °C debido a las condiciones ambientales, y pH entre 2,7 y 3,0; tal y como muestran en el promedio de mediciones de pH reportadas en el anexo 44.

Tabla 5.2 Combinaciones para evaluar el tiempo de fermentación acética óptimo – Diseño bloque completamente al azar

%Acidez inicial / aditamento	Tiempo de fermentación (h)	
	Rejilla	Sin rejilla
2,0	91,5	87,3
2,5	57,5	75,5
3,0	39,2	40,5

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

A continuación en las tablas 5.3, 5.4, y 5.5, y en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, se muestran los resultados completos de las corridas experimentales de la fermentación alcohólica realizadas entre del 9 al 14 Enero 2017. Y en la tabla 5.6 y en la figura 5.4, se muestran los resultados completos obtenidos de las corridas experimentales de la fermentación acética realizada entre del 16 al 21 Enero 2017

De los datos obtenidos de las corridas experimentales se utiliza el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV versión 15.1.02 tanto para el método de superficie de respuesta, en la fermentación alcohólica como para el diseño bloque completamente al azar (DBCA) en la fermentación acética

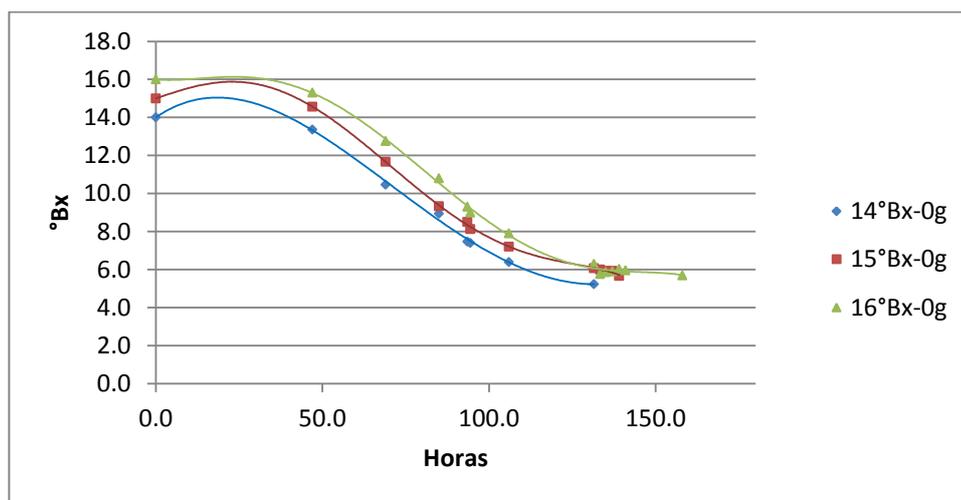


Figura 5.1 Fermentación utilizando 0 g de levadura. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Tabla 5.3 Fermentación utilizando 0 g de levadura

Horas	Corridas		
	14°Bx-0g	15°Bx-0g	16°Bx-0g
°Bx			
0,0	14,0	15,0	16,0
47,0	13,4	14,6	15,3
69,0	10,5	11,7	12,8
85,0	8,9	9,3	10,8
93,5	7,5	8,5	9,3
94,4	7,4	8,1	9,0
106,0	6,4	7,2	7,9
131,5	5,2	6,1	6,3
133,3	-	6,0	5,8
135,0	-	5,9	5,9
137,0	-	5,9	5,9
139,0	-	5,7	6,0
141,0	-	-	6,0
158,0	-	-	5,7

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

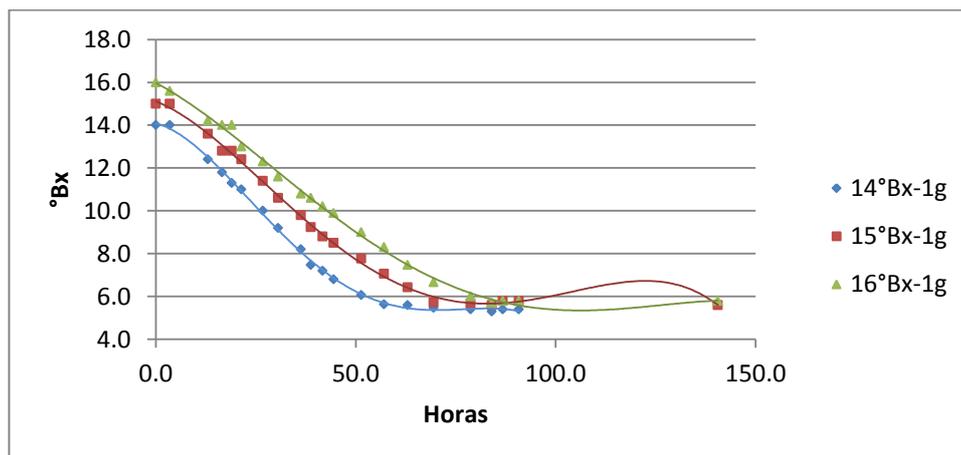


Figura 5.2 Fermentación utilizando 1 g de levadura. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Tabla 5.4 Fermentación utilizando 1 g de levadura

Horas	Corridas		
	14°Bx-1g	15°Bx-1g	16°Bx-1g
°Bx			
0,0	14,0	15,0	16,0
3,5	14,0	15,0	15,6
13,0	12,4	13,6	14,2
16,6	11,8	12,8	14,0
19,0	11,3	12,8	14,0
21,4	11,0	12,4	13,0
26,8	10,0	11,4	12,3
30,6	9,2	10,6	11,6
36,3	8,2	9,8	10,8
38,8	7,5	9,2	10,6
41,7	7,2	8,8	10,2
44,5	6,8	8,5	9,9
51,4	6,1	7,8	9,0
57,1	5,6	7,1	8,3
63,0	5,6	6,4	7,5
69,5	5,5	5,7	6,7
78,7	5,4	5,7	6,0
84,0	5,3	5,6	5,7
90,8	5,4	5,8	5,8
140,5	5,2	5,6	5,8

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

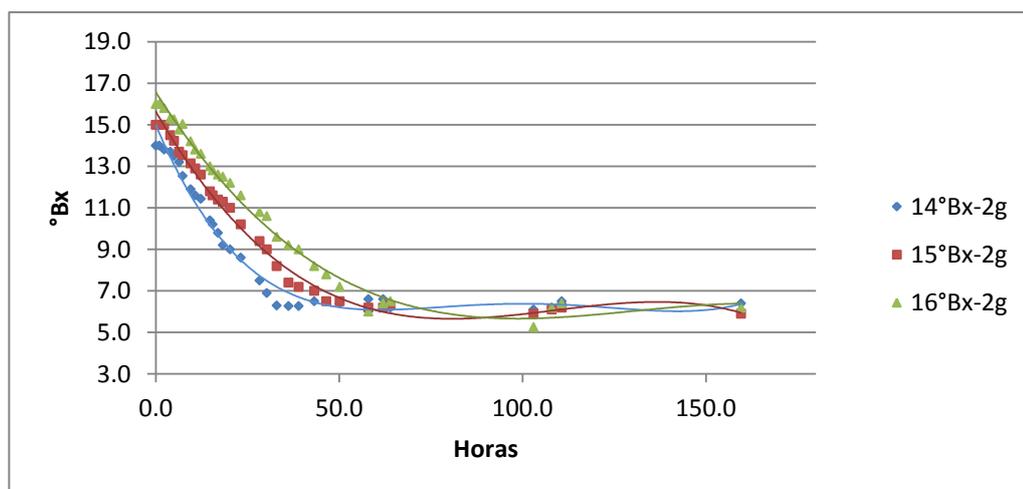


Figura 5.3 Fermentación utilizando 2 g de levadura. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Tabla 5.5 Fermentación utilizando 2 g de levadura

Horas	Corridas		
	14°Bx-2g	15°Bx-2g	16°Bx-2g
°Bx			
0,0	14,0	15,0	16,0
1,0	14,0	15,0	16,0
2,3	13,8	15,0	15,8
4,0	13,7	14,5	15,3
5,0	13,5	14,2	15,3
6,4	13,2	13,7	14,8
7,3	12,5	13,5	15,0
9,6	11,9	13,1	14,2
10,8	11,6	12,9	13,8
12,3	11,4	12,6	13,6
14,8	10,4	11,8	13,0
15,5	10,2	11,6	12,8
17,0	9,8	11,4	12,6
18,3	9,2	11,3	12,5
20,3	9,0	11,0	12,2
23,2	8,6	10,2	11,6
28,3	7,5	9,4	10,8
30,3	6,9	9,0	10,6
33,0	6,3	8,2	9,6
36,2	6,3	7,4	9,2
39,0	6,3	7,2	9,0
43,2	6,5	7,0	8,2
46,5	6,5	6,5	7,8
50,2	6,4	6,5	7,2
58,0	6,6	6,2	6,0
62,0	6,6	6,2	6,4
64,0	6,2	6,3	6,5
103,0	6,1	5,9	5,3
108,0	6,2	6,1	6,2
110,7	6,5	6,2	6,4
159,6	6,4	5,9	6,2

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

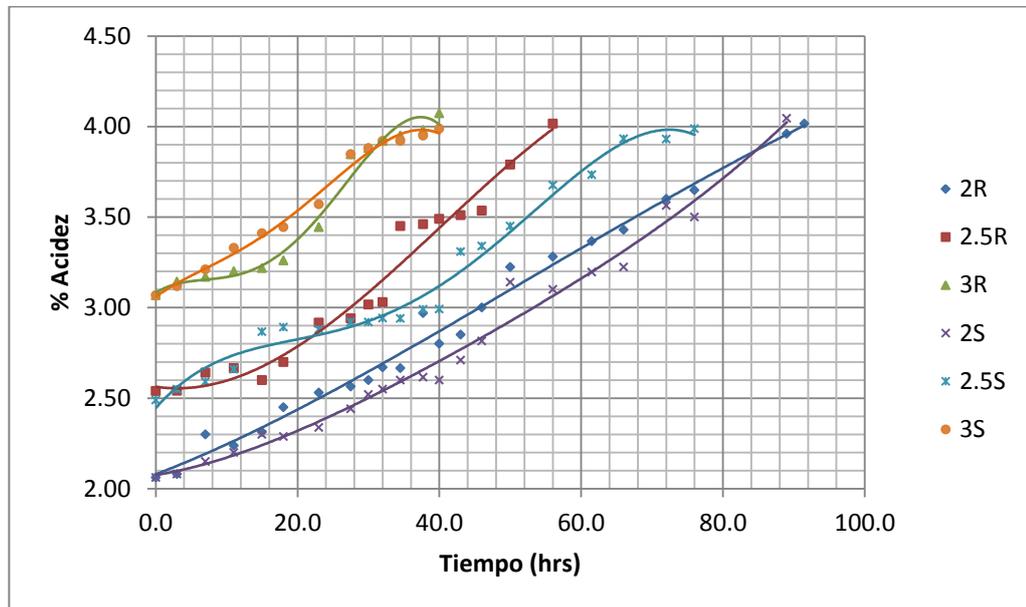


Figura 5.4 Corridas experimentales fermentación acética. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Diseño factorial – método de superficie de respuesta - Fermentación alcohólica

Se planteó el siguiente diseño experimental a resolver por el análisis de varianza y el método de superficie de respuesta.

Variable dependiente (variable respuesta): inversa del tiempo de fermentación alcohólica (con el fin de maximizarlo y obtener en tiempo mínimo)

Factores:

- Azúcar inicial (medidos en grados Brix)
- Cantidad de levadura inoculada (gramos)

Según la tabla 5.7, cada uno de los factores tiene p-value inferiores a 0,05, lo que indica que cada factor sí presenta diferencias significativas al 95,0 % de confianza. Por su parte, la tabla 5.8 muestra la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. Finalmente, la ecuación 5.0 muestra el modelo ajustado.

Tabla 5.6 Corridas experimentales fermentación acética

Horas	Corridas					
	2R	2.5R	3R	2S	2.5S	3S
%Acidez						
0,0	2,06	2,54	3,07	2,06	2,49	3,07
3,0	2,08	2,54	3,14	2,08	2,55	3,12
7,0	2,30	2,64	3,17	2,15	2,59	3,21
11,0	2,24	2,67	3,20	2,20	2,66	3,33
15,0	2,31	2,60	3,22	2,30	2,87	3,41
18,0	2,45	2,70	3,26	2,29	2,89	3,44
23,0	2,53	2,92	3,44	2,34	2,88	3,57
27,5	2,56	2,94	3,85	2,44	2,92	3,85
30,0	2,60	3,02	3,88	2,52	2,92	3,88
32,0	2,67	3,03	3,92	2,55	2,94	3,92
34,5	2,67	3,45	3,95	2,60	2,94	3,92
37,7	2,97	3,46	3,98	2,61	2,99	3,95
40,0	2,80	3,49	4,07	2,60	2,99	3,99
43,0	2,85	3,51	-	2,71	3,31	-
46,0	3,00	3,54	-	2,82	3,34	-
50,0	3,22	3,79	-	3,14	3,45	-
56,0	3,28	4,02	-	3,10	3,68	-
61,5	3,37	-	-	3,20	3,73	-
66,0	3,43	-	-	3,22	3,93	-
72,0	3,60	-	-	3,56	3,93	-
76,0	3,65	-	-	3,50	3,99	-
89,0	3,96	-	-	4,04	-	-
91,5	4,02	-	-	-	-	-

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Tabla 5.7 Análisis de varianza –Fermentación alcohólica

Factor	Suma de cuadrados	GL	Mínimos cuadrados	F-Ratio	P-Value
A:Azucar inicial	0,0000729423	1	0,0000729423	12,68	0,0378
B:levadura	0,000301605	1	0,000301605	52,43	0,0054
AA	0,000008384	1	0,000008384	1,46	0,3138
AB	0,0000415558	1	0,0000415558	7,22	0,0746
BB	5,31303E-7	1	5,31303E-7	0,09	0,7811
Total error	0,0000172563	3	0,00000575211		
Total (corr.)	0,000442275	8			

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Tabla 5.8 Coeficientes de regresión: inversa de tiempo de fermentación

Coeficiente	Estimado
Constante	0,470306
A:Azucar inicial	-0,0616866
B:levadura	0,0564686
AA	0,00204744
AB	-0,00322319
BB	-0,000515414

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Tiempo de fermentación⁻¹ = 0,470306 - 0,0616866*Azúcar inicial + 0,0564686*levadura + 0,00204744*Azúcar inicial² - 0,00322319*Azúcar inicial*levadura - 0,000515414*levadura² ... (5.0)

Donde los valores de las variables se especifican en sus unidades originales.

Respuesta óptima

El objetivo es maximizar la inversa del tiempo de fermentación

Valor óptimo = 0,0286168

Tabla 5.9 Respuesta óptima.

Factor	Mínimo	Máximo	Óptimo
Azúcar inicial	14,0	16,0	14,0
Levadura	0,0	2,0	2,0

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

La tabla 5.9 muestra la combinación de los niveles de factor que maximiza la inversa del tiempo de fermentación sobre la región indicada. Es decir, con este arreglo se obtiene el tiempo mínimo de fermentación alcohólica.

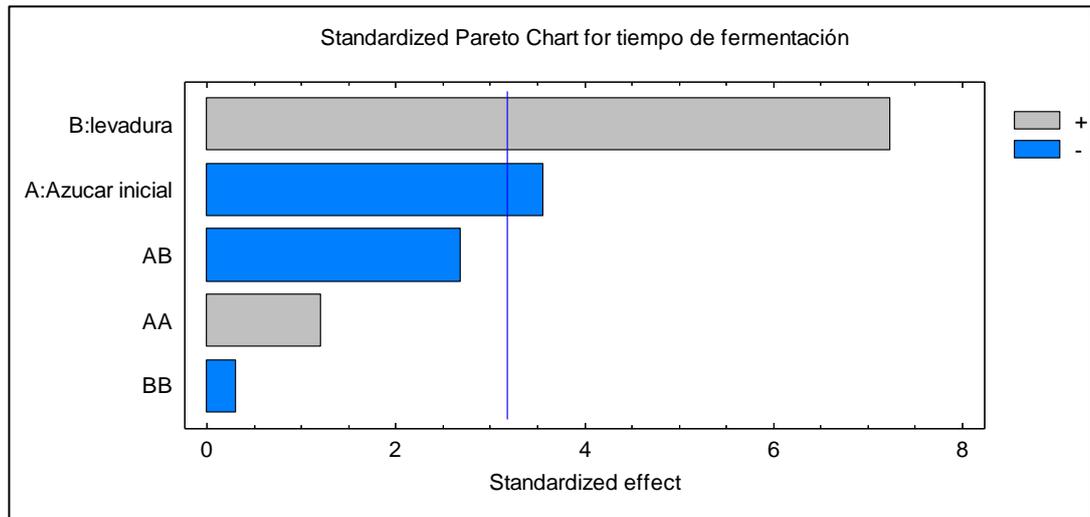


Figura 5.5 Diagrama de Pareto del nivel de significancia de los factores en la variable respuesta. Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

En la figura 5.5 se observa que el factor concentración de levadura inoculada presenta efectos significativos en la variable dependiente (inversa del tiempo de fermentación). De la misma forma ocurre con el factor concentración de azúcar. Sin embargo el efecto combinado de ambos factores y el efecto de cada factor elevado al cuadrado no tiene un efecto significativo en la variable dependiente.

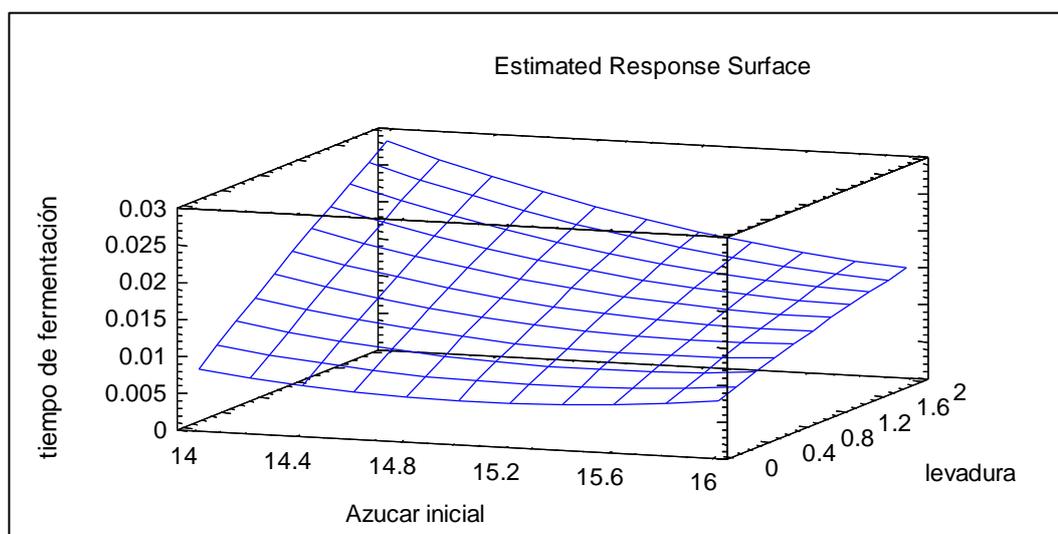


Figura 5.6 Superficie de respuesta estimada. Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

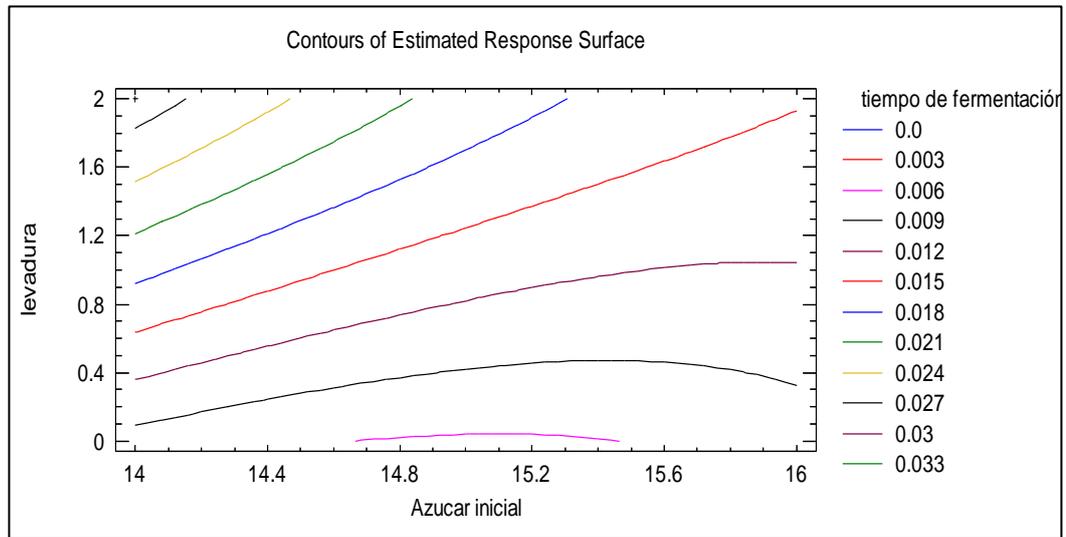


Figura 5.7 Curvas de nivel de la superficie de respuesta. Nota:
Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

La figura 5.6 y 5.7 muestran las gráficas de las cuales se obtuvo la curva óptima, cuyos coeficientes de regresión se presentan en la tabla 5.8, y la respuesta óptima, respectivamente.

Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) – Fermentación acética

Este procedimiento realiza un análisis multifactor de la varianza para el tiempo de fermentación. Construye varias pruebas y gráficas para determinar qué factores afectan significativamente a la variable dependiente tiempo de fermentación. También prueba si hay interacciones significativas entre los factores, dados suficientes datos.

Variable dependiente: (i) tiempo de fermentación

Factores: (i) % Acidez inicial (ii) Disposición de rejilla en fermentador acético

Las pruebas F de la tabla 5.10 permiten identificar los factores significativos. Para cada factor significativo, las pruebas de rango múltiple indican qué medios son significativamente diferentes de los otros. El gráfico de medios y la gráfica de interacción ayudan a interpretar los efectos significativos. Las

parcelas residuales ayudan a juzgar si los supuestos que subyacen al análisis de varianza son violados por los datos.

Tabla 5.10 Análisis de varianza tiempo de fermentación - Suma de cuadrados

Efectos principales	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Value
A:%acidez inicial	2459,89	2	1229,94	18,40	0,0515
B:rejilla	38,0017	1	38,0017	0,57	0,5295
Residual	133,663	2	66,8317		
Total (corregido)	2631,55	5			

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Como ningún valor de P es inferior a 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el tiempo de fermentación a un nivel de confianza del 95,0 %.

La tabla 5.11 muestra el tiempo promedio de fermentación para cada nivel de los factores. También muestra el error estándar de cada media, que es una medida de su variabilidad de muestreo. Las dos columnas más a la derecha muestran intervalos de confianza del 95,0 % para cada uno de los medios. La figura 5.8 grafica lo anteriormente mencionado

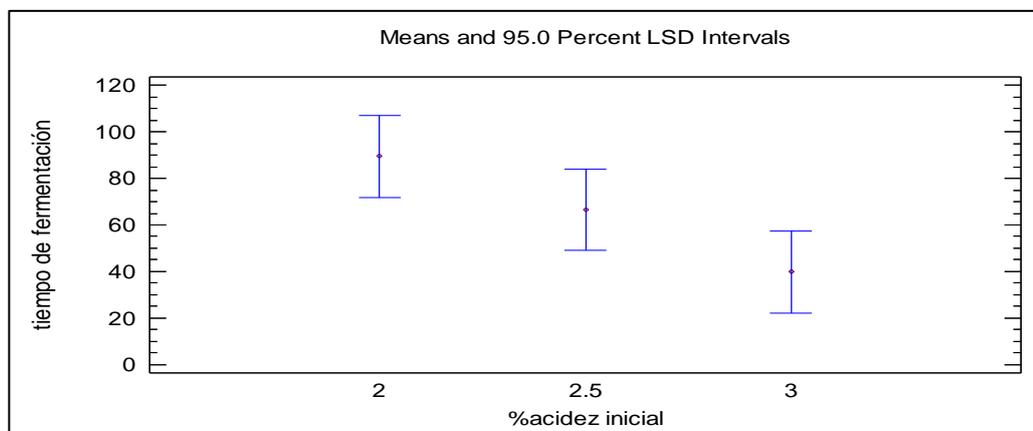


Figura 5.8 Medias e intervalos de 95 % de diferencia significativa mínima. Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Tabla 5.11 Mínimos cuadrados promedio para tiempo de fermentación con 95,0 % de intervalo de confianza

			Estándar	Inferior	Superior
Nivel	Casos	Media	Error	Límite	Límite
Media global	6	65,25			
% Acidez inicial					
2	2	89,4	5,78064	64,5279	114,272
2,5	2	66,5	5,78064	41,6279	91,3721
3	2	39,85	5,78064	14,9779	64,7221
Rejilla					
No	3	67,7667	4,71988	47,4587	88,0747
Si	3	62,7333	4,71988	42,4253	83,0413

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Tabla 5.12 Pruebas de rango múltiple para tiempo de fermentación por % de acidez inicial. - Método: 95,0 % LSD

%Acidez inicial	Casos	LS Media	LS Sigma	Grupos homogéneos
3	2	39,85	5,78064	X
2,5	2	66,5	5,78064	XX
2	2	89,4	5,78064	X

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Tabla 5.13 Comparación entre los % de acidez inicial de fermentación acética

Comparación	Significancia	Diferencia	Límites +/-
2 - 2,5		22,9	35,1745
2 - 3	*	49,55	35,1745
2,5 - 3		26,65	35,1745

Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

La tabla 5.13 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué casos son significativamente diferentes de los otros, donde el asterisco denota diferencia significativa. Se ha colocado un asterisco al lado de un par, indicando que este par muestra una diferencia estadísticamente significativa al nivel de confianza del 95,0 %. En la tabla 5.12 se identifican 2 grupos homogéneos usando columnas de X's. Dentro de cada columna, los niveles que contienen X forman un grupo de medios dentro del cual no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente utilizado para discriminar entre los medios es el procedimiento de diferencia mínima (LSD) de Fisher. Con este método, existe un riesgo del 5,0 % de llamar a cada par de medios significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0. Las figuras 5.9 y 5.10 grafican las comparaciones entre los casos analizados.

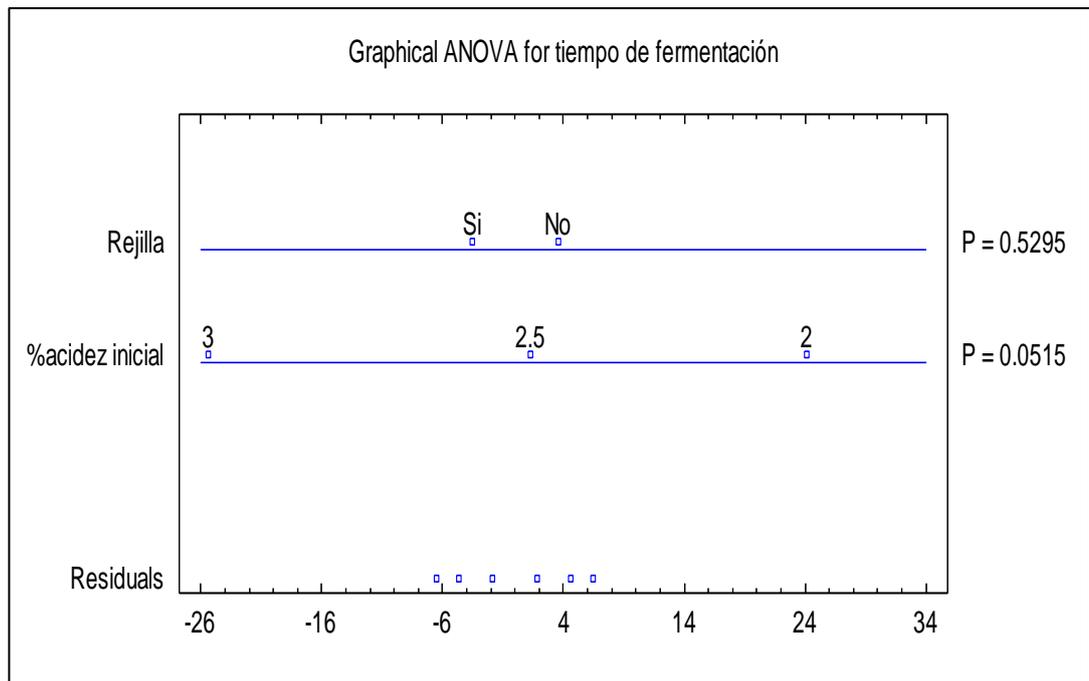


Figura 5.9 Gráfica del Análisis de varianza. Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Parámetros óptimos

Se llega finalmente a obtener los parámetros óptimos de proceso obtenidos a través de los diseños experimentales de los datos resultantes de las corridas experimentales. Los parámetros óptimos son los siguientes:

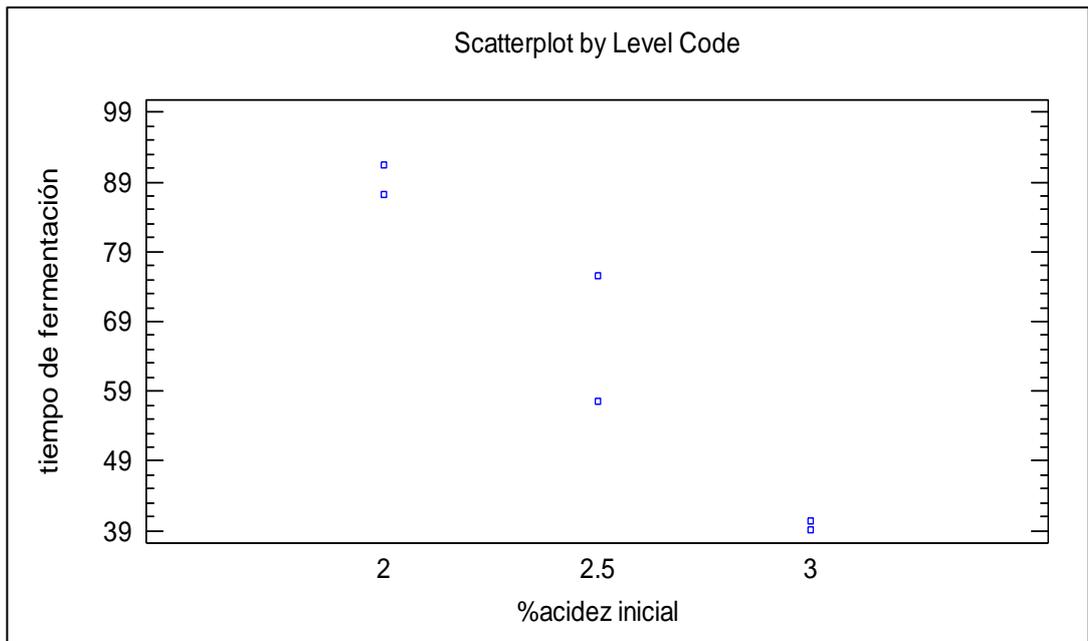


Figura 5.10 Gráfico de dispersión del % acidez inicial. Nota: Elaborado con STATGRAPHICS Centurion XV Versión 15.1.02

Para la fermentación alcohólica:

- 14 °Brix del mosto de manzana antes de iniciar la fermentación.
- 2g de levadura inoculada antes de iniciar la fermentación.

Obteniendo de las corridas experimentales un tiempo de fermentación alcohólica óptimo de 33,0 horas.

Para la fermentación acética:

- 3 % de acidez total inicial (expresado como ácido acético)
- Uso de rejilla en la interface de líquido/gas como soporte de madre del vinagre.

Obteniendo de las corridas experimentales un tiempo de fermentación acética óptimo de 39,2 horas.

Estos valores deben ser verificados experimentalmente y deben estar próximos entre sí para que, de esta manera, se compruebe la repetitividad, la cual es necesaria para la estandarización del proceso a escala industrial.

5.3 Corrida de verificación

Se realizó por triplicado la corrida de verificación con los valores óptimos obtenidos resultado de las corridas experimentales. En las tablas 5.14 y 5.15, así como en las figuras 5.11 y 5.12, se muestran, para la fermentación alcohólica como para la fermentación acética, los valores que demuestran la repetitividad de los parámetros óptimos del proceso. Esta demostración servirá como justificación para plantear el volumen de producción en la planta de elaboración de vinagre, así como para el dimensionamiento de equipos. Ambos puntos serán tratados en el capítulo 6 donde se plantea el estudio de factibilidad para diseño a escala microempresa de producción de vinagre de manzana. De estas corridas se obtuvieron tiempos de fermentación alcohólica de 31, 40 y 45 horas, los cuales resultan en un promedio de **38 horas**; y tiempos de fermentación acética de 39, 42 y 44 horas, los cuales resultan en un promedio de **42 horas**.

Tabla 5.14 Corrida óptima alcohólica (del 25 al 27 Enero 2017)

Horas	Corrida		
	1	2	3
°Bx			
0,0	14,0	14,0	14,0
7,5	13,0	12,8	13,0
15,5	10,2	10	8,9
27,3	7,2	7,8	8,8
28,1	6,8	7,7	8,7
29,2	6,6	7,5	8,5
30,2	6,5	7,4	8,4
31,2	6,4	7,2	8,2
43,0	6,4	6,4	6,4
52,5	6,4	6,4	6,6

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

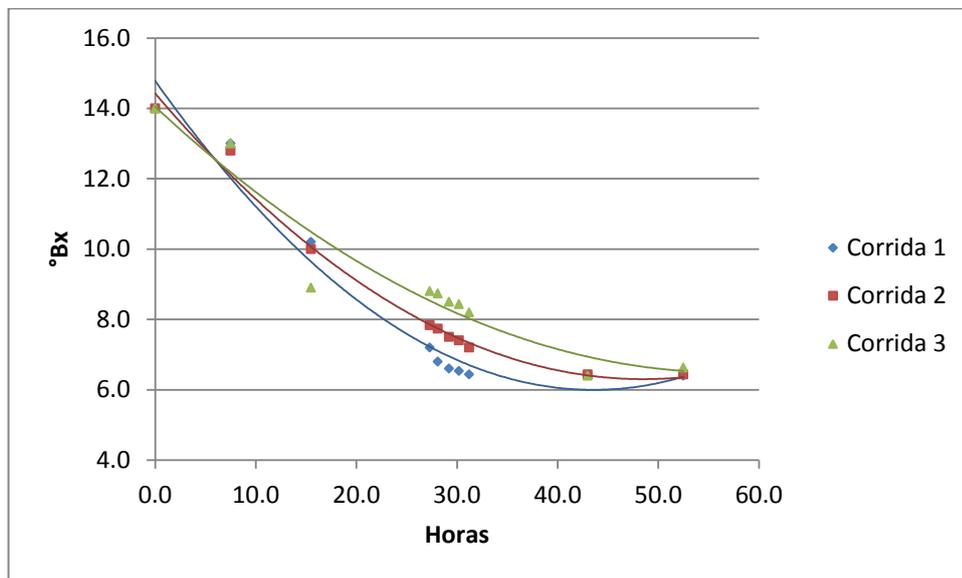


Figura 5.11 Corrida óptima alcohólica (del 25 al 27 Enero 2017). Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Tabla 5.15 Corrida óptima acética (del 25 al 27 Enero 2017)

Horas	Corrida		
	1	2	3
% Acidez			
0,0	3,03	3,00	2,97
3,0	3,21	3,18	3,00
13,1	3,24	3,27	3,06
16,2	3,38	3,35	3,30
19,0	3,53	3,53	3,38
22,0	3,59	3,62	3,41
24,3	3,94	3,71	3,47
27,0	3,97	3,83	3,56
35,5	3,97	3,88	3,86
39,0	4,00	3,97	3,91
42,2	4,12	4,00	3,97
44,6	4,21	4,18	4,15
47,3	4,36	4,33	4,33

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

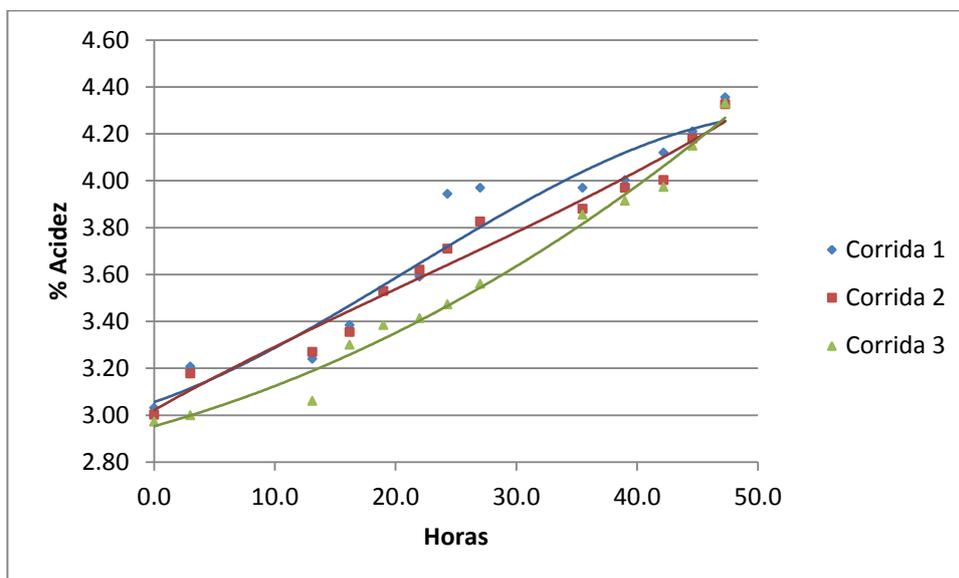


Figura 5.12 Corrida óptima acética (del 25 al 27 Enero 2017). Nota:
Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4 Método del proceso mejorado

Los pasos que sigue el método optimizado de proceso de producción de vinagre se presenta en el diagrama de bloques de la figura 5.13.

5.4.1 Materia prima

La materia prima en su mayoría será de la variedad Delicia, ya que esta variedad se encuentra todo el año en el valle de Mala y es la más cultivada por los agricultores de la zona. La manzana Pachacamac tiene mejores propiedades como mosto que la Delicia (mayor cantidad de azúcar inicial y más cantidad de agua en su composición, lo que permite mejores trasiegos y filtrados más eficientes), sin embargo su cosecha es estacional y cada vez más escaso en la zona. Es por ello que el proceso se diseña en base a las propiedades de materia prima propia de la manzana Delicia. En las figuras 5.14, 5.15 y 5.16 se presentan tres de los productos de segunda a utilizarse.



Figura 5.13 Diagrama de bloques del proceso óptimo. Fuente: Hatta



Figura 5.14 Materia prima Delicia verde. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.



Figura 5.15 Materia prima Delicia pequeña. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.



Figura 5.16. Materia prima Delicia helada. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.2 Selección, pesado y lavado

La selección seguirá los mismos criterios originarios del proyecto. Es decir, lo que por tradición se considera por debajo del tamaño normal en el mercado peruano. Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010), la manzana de calibre menor a 50 mm no es aceptable para el mercado internacional. En la operación de pesado se usará una balanza de capacidad de 300 kg y una tina de acero inoxidable para realizar el lavado de la fruta. Según López A. (2003), se utilizará como agente antimicrobiano en el lavado de la fruta una cantidad de cloro de 100 ppm, es decir, 1 litro de lejía comercial (80 g cloro activo /dm³) disuelto en 800 litros de agua. Por lo tanto, el lavado en el proceso mejorado tiene una relación de kg de manzana a litros de agua de 1 a 4, pero ello es realizado en dos etapas, es decir, doble lavado, cuyos recipientes o cubas son de la misma capacidad, esto con la finalidad de lograr mayor efectividad en el lavado.



Figura 5.17 Pesado de materia prima. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.3 Trozado

Se realizará con cuchillos de acero inoxidable y en tablas de polipropileno. En esta etapa sólo se realizará el descorazonado de la fruta y del tallo y las pepas. En el anexo 40 se muestra rendimientos promedio de esta fase que se obtuvieron gracias al pesado (figura 5.17) luego del trozado (figura 5.18)



Figura 5.18 Trozado. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT

Debido a que el tiempo de trozado manual es de 12 kg/día, para el análisis de factibilidad se considera entonces una peladora y trozadora de acero inoxidable automática, de esta manera el tiempo de trozado se reducirá notablemente.

5.4.4 Extracción

En la figura 5.19 se muestra el proceso realizado en las corridas en laboratorio. En el proceso industrial, se realizará con una extractora industrial de jugos de fruta. La disminución de tamaño de la manzana no será necesaria porque esta máquina tiene mayor capacidad de procesamiento que en proceso artesanal. En el anexo 41 se muestra rendimientos promedio de esta fase.



Figura 5.19 Extracción del mosto. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.5 Dilución e inoculación

Según el diseño experimental desarrollado, la combinación óptima es empezar la fermentación con 14°Bx y utilizar 2 g de levadura. Para ello se realizará una pequeña dilución con agua hervida sólo si es necesario ajustar los grados Brix hasta 14,0, es decir si se presenta una lectura mayor a 14,5 °Brix, sólo en este caso se realizará. La levadura utilizada (figura 5.20) en las pruebas de laboratorio es la *Saccharomyces cerevisiae* variedad *Bayanus*, la cual es utilizada principalmente en la fermentación del vino de uva, pero también utilizada en fermentación de vino de frutas como la manzana.



Figura 5.20. Levadura utilizada. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.6 Fermentación alcohólica

Está en el rango de las 33 horas de duración, por lo cual a partir de las 25 horas hay que realizar seguimiento cada hora y si es necesario cada media hora con el objetivo de cortar la fermentación en el momento adecuado de tal manera de aumentar la productividad. En la figura 5.21 se muestra el fermentador utilizado en laboratorio, con el desfogue de CO₂ en agua para evitar la rotura del envase de vidrio por la presión del gas. El seguimiento se realiza con el uso de un refractómetro portátil midiendo los grados Brix, siendo el punto final aproximadamente los 5° Brix. En este punto esta medición se hace constante debido a que los azúcares fermentables ya se consumieron en la formación de etanol, y esta medición residual de 5°Bx es debido a los sólidos solubles presentes en la muestra. En la figura 5.22 se representa la toma de muestras y en la figura 5.23 se muestra el uso del refractómetro portátil, cuya medición debe ser corregida por temperaturas.



Figura 5.21 Fermentador alcohólico. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.



Figura 5.22 Toma de muestras de mosto. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.



Figura 5.23 Medición de grados Brix. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.7 Filtración con filtro prensa

En la figura 5.24 se muestra la filtración realizada en las pruebas de laboratorio con gasa de uso quirúrgico. A nivel industrial se realizará una filtración con una capacidad de 10 litros por lote, es decir, se trabajarán 12 lotes por día en la producción a escala industrial. Esta operación permitiría aprovechar al máximo la torta proveniente de la etapa anterior y aumentar la eficiencia, la cual era muy baja con el proceso artesanal. En el anexo 42 se muestra rendimientos promedio de esta fase.



Figura 5.24. Filtración del mosto alcohólico. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.8 Fermentación acética

Está en el rango de las 40 horas de duración, por lo cual a partir de las 25 horas hay que realizar seguimiento cada hora y si es necesario cada media hora con el objetivo de cortar la fermentación en el momento adecuado de tal manera de aumentar la productividad. El seguimiento se realizará mediante la medición de la acidez del mosto alcohólico fermentado haciendo la extracción de 5 mL de éste, y titulando con NaOH 0,1 N (figura 5.26). Posteriormente se utilizará la ecuación para obtener el $\%(p/v)$ de acidez total (expresado como ácido acético) El fermentador a utilizar a escala industrial será de las dimensiones mostradas en la figura 5.25 pero en una escala 10 veces mayor, ya que los fermentadores utilizados a nivel laboratorio fueron de 4 litros y los de escala industrial serán de 40 litros. Se puede realizar una segunda filtración en el caso de que el material presente residuos sólidos visibles. En la figura 5.27 se muestra la segunda filtración en escala laboratorio, la cual puede ser omitida si se realiza una centrifugación en el proceso industrial.



Figura 5.25 Fermentadores acéticos. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.



Figura 5.26 Titulación ácido-base. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.4.9 Centrifugación

En las pruebas de laboratorio se realizó una segunda filtración con gasa para separar el sedimento producto de la fermentación acética (figura 5.27). Se realizará en una centrifuga de sedimentación tubular de 100 L/h, con lo cual se trabajaría en lotes de 10 L de vinagre a una velocidad de operación de 5000 rpm con un tiempo de ciclo entre 20 min a 30 min, dependiendo del grado de eficiencia de la sedimentación.



Figura 5.27 Segunda filtración. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 FIQT.

5.4.10 Pasteurización

En la figura 5.28 se muestra la pasteurización a nivel laboratorio. A nivel industrial, se pasteurizará a 65°C por 15 minutos en una marmita.



Figura 5.28 Pasteurización. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 FIQT.

5.4.11 Envasado

Se realizará un lavado y una esterilización por calor de la boca del envase, antes de llenar el vinagre a unos 60°C provenientes de la pasteurización. Se envasó el producto final de las corridas de verificación como se ve en la figura 5.29 y se analizó el producto final y los resultados en el anexo 28



Figura 5.29 Envasado. Nota: Fotografía tomada en el Lab. 11 de la FIQT.

5.5 Cinética de la fermentación alcohólica

Determinación de los parámetros cinéticos

Cálculo de velocidad específica de crecimiento (u_{max}) y tiempo de duplicación (td)

Constante de saturación (K_s): para *Saccharomyces cerevisiae* (organismo) y glucosa (sustrato), según (Pirt, 1975), es igual a $K_s=25 \text{ mg/L} = 0,025 \text{ mg/mL}$

td_A : tiempo de duplicación prueba A

td_B : tiempo de duplicación prueba B

De la ecuación (3.14) se tiene:

$$\mu_A = \frac{\ln 2}{td_A}$$

$$\mu_B = \frac{\ln 2}{tdB}$$

De la ecuación (3.9) de Monod

$$\mu = \mu_{\max} \left(\frac{S_0}{K_s + S_0} \right)$$

Como $K_s \ll S_0$, entonces podemos decir que la velocidad específica de crecimiento (μ_{\max}) es igual a la velocidad específica de crecimiento (μ).

Tabla 5.16 Consumo de sustrato (azúcares) Prueba A

Tiempo	Azúcares presente
Horas	mg/mL
0,0	90,0
1,0	90,0
2,3	90,0
4,0	85,0
5,0	82,3
6,4	77,0
7,3	75,3
9,6	71,3
10,8	69,0
12,2	66,0
14,8	58,0
15,5	56,0
17,0	54,0
18,3	53,0
20,3	50,0
23,2	42,0
28,3	34,0
30,3	30,0
33,0	22,0
36,4	14,0
39,0	12,0
43,3	10,0
46,5	5,0
50,3	5,0
58,0	2,0
61,0	2,0

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Se utilizó la data de las corridas experimentales de la fermentación alcohólica, tanto para el consumo de sustrato como para la formación de producto, donde se usaron 2 gramos de levadura, y 15 y 16 grados Brix. Se les nombrará como Prueba A y Prueba B, y la data es presentada en las tablas 5.16, 5.17 y en la figura 5.30

Tabla 5.17 Consumo de sustrato (azúcares) Prueba B

Tiempo	Azucars presente
Horas	mg/ml
0,0	100,0
1,0	100,0
2,4	98,0
4,0	93,0
5,2	92,7
6,5	88,7
7,6	88,7
9,6	82,0
11,0	78,0
12,3	76,0
14,9	70,0
15,7	68,0
17,0	66,0
18,5	65,0
20,3	62,0
23,2	56,0
28,4	48,0
30,3	46,0
33,0	36,0
36,4	32,0
39,0	30,0
43,3	22,0
46,5	18,0
50,3	12,0
58,0	5,0
62,0	4,0

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT

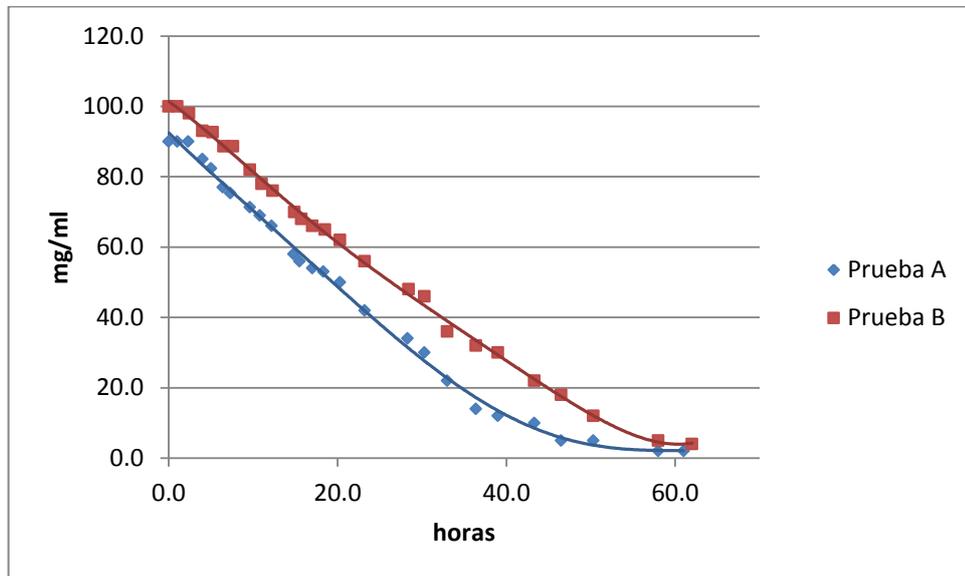


Figura 5.30 Consumo de sustrato (azúcares). Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

$S_{oA}=90$ mg/ml (sustrato inicial prueba A)

$S_{oB}=100$ mg/ml (sustrato inicial prueba B)

$$\frac{\ln 2}{td_A} = \mu_{max} * \left(\frac{S_{oA}}{K_S + S_{oA}} \right) \dots (i)$$

$$\frac{\ln 2}{td_B} = \mu_{max} * \left(\frac{S_{oB}}{K_S + S_{oB}} \right) \dots (ii)$$

Reemplazando los datos en (i) y (ii) y dividiéndolos se tiene:

$$\frac{td_B}{td_A} = 1$$

Asumiendo $td_B=4$ h**

Se tiene:

$$\mu_{max} = 0,173 \text{ h}^{-1}$$

**dicho tiempo ha sido asumido de acuerdo a los datos tenidos en la tabla 3.11 (consumo de sustrato), para sistemas de fermentación con *Saccharomyces Cerevisiae*.

Cinética del consumo de sustrato

De la ecuación 3.22

$$-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = k_1 \times \mu_{max} \times \left(\frac{S_0}{K_s + S_0}\right) (t - t_0)$$

Se tiene que $\mu_{max} = 0,173$ y $K_s = 0,025$

Se relaciona $-\ln(S/S_0)$ vs tiempo en la tabla 5.18

Tabla 5.18 Valores calculados de S (concentración de sustrato) con respecto al tiempo para la prueba A y la prueba B.

Tiempo (h)	SA (mg/mL)	$-\ln(s/s_0)A$	Tiempo (h)	SB (mg/mL)	$-\ln(s/s_0)B$
0,0	90,0	0,0000	0,0	100,0	0,0000
1,0	90,0	0,0000	1,0	100,0	0,0000
2,3	90,0	0,0000	2,4	98,0	0,0202
4,0	85,0	0,0572	4,0	93,0	0,0726
5,0	82,3	0,0890	5,2	92,7	0,0762
6,4	77,0	0,1560	6,5	88,7	0,1203
7,3	75,3	0,1779	7,6	88,7	0,1203
9,6	71,3	0,2324	9,6	82,0	0,1985
10,8	69,0	0,2657	11,0	78,0	0,2485
12,2	66,0	0,3102	12,3	76,0	0,2744
14,8	58,0	0,4394	14,9	70,0	0,3567
15,5	56,0	0,4745	15,7	68,0	0,3857
17,0	54,0	0,5108	17,0	66,0	0,4155
18,3	53,0	0,5295	18,5	65,0	0,4308
20,3	50,0	0,5878	20,3	62,0	0,4780
23,2	42,0	0,7621	23,2	56,0	0,5798
28,3	34,0	0,9734	28,4	48,0	0,7340
30,3	30,0	1,0986	30,3	46,0	0,7765
33,0	22,0	1,4088	33,0	36,0	1,0217
36,4	14,0	1,8608	36,4	32,0	1,1394
39,0	12,0	2,0149	39,0	30,0	1,2040
43,3	10,0	2,1972	43,3	22,0	1,5141
46,5	5,0	2,8904	46,5	18,0	1,7148
50,3	5,0	2,8904	50,3	12,0	2,1203
58,0	2,0	3,8067	58,0	5,0	2,9957
61,0	2,0	3,8067	62,0	4,0	3,2189

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

S_{0A} : 90 (mg/ml)

S_{0B} : 100 (mg/ml)

Tiempo: en horas

Se tiene:

$$-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)_A = 0,0876$$

$$-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)_B = 0,0755$$

Dichos datos son obtenidos tomando la pendiente en la fase exponencial (ver figura 5.33)

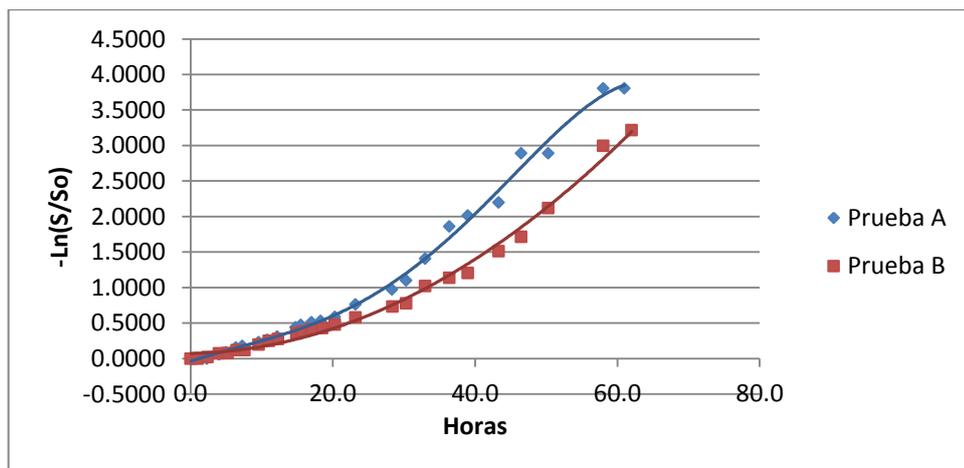


Figura 5.31 Curvas en la fase exponencial. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT.

Calculemos k ; reemplazando los datos en la ecuación 3.22

Se tiene para el consumo de sustrato de la prueba A

$$0,0876 = k_1 * 0,173$$

$$k_1 = 0,505$$

Se tiene para el consumo de sustrato de la prueba B

$$0,0755 = k_1 * 0,173$$

$$k_1 = 0,436$$

Se tomó el valor promedio, y se obtiene $k=0,470$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 3.22 obtenemos

$$-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = 0,082 \times (t - t_0) \dots (5.1)$$

Dicha ecuación relaciona a "S", únicamente en función de S_0 , t tendrá validez en la fase exponencial.

Cinética de la formación de producto

De la ecuación 3.25 se tiene:

$$P - P_0 = Kp\left(\frac{\mu_{max} \times S_0}{K_s + S_0}\right)^\alpha \times (t - t_0)$$

Al tener dos variables K_s y α , necesitamos dos ecuaciones simultáneas para obtener los valores. Según el método de Duncan & Acton (1991) citado por Rotter (2016), calculamos el alcohol potencial a partir de los grados Brix. En la tabla 5.19 y tabla 5.20 se presenta, para el producto de la prueba A y el producto de la prueba B, el etanol producido a un tiempo correspondiente de fermentación acética. Se grafica esta tendencia en la figura 5.34.

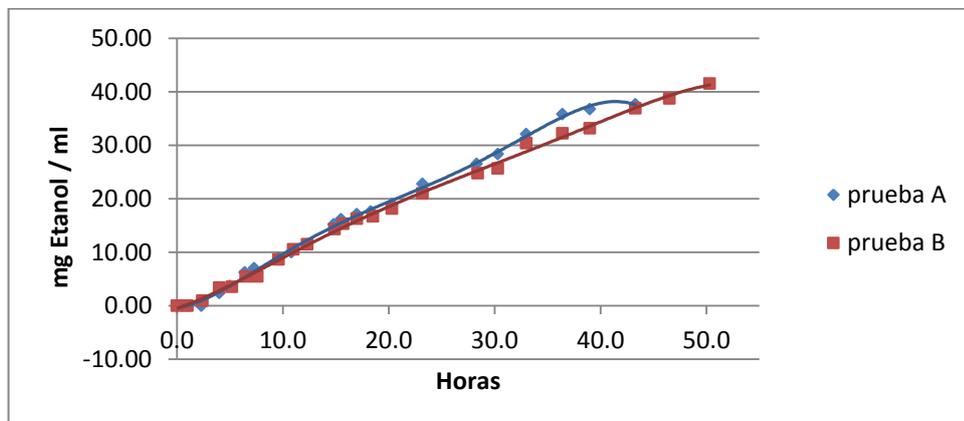


Figura 5.32 Formación de producto etanol. Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT

Tabla 5.19 Formación de producto A (etanol).

Tiempo (Horas)	Azúcar (Brix)	Etanol potencial (mL/100mL)	Etanol potencial (mg/mL)	Etanol producido (mg/mL)
0,0	9,0	4,937	38,95	0,00
1,0	9,0	4,937	38,95	0,00
2,3	9,0	4,937	38,95	0,00
4,0	8,5	4,633	36,56	2,39
5,0	8,2	4,472	35,28	3,67
6,4	7,7	4,150	32,74	6,21
7,3	7,5	4,049	31,95	7,00
9,6	7,1	3,808	30,04	8,91
10,8	6,9	3,667	28,94	10,01
12,2	6,6	3,487	27,51	11,44
14,8	5,8	3,007	23,73	15,22
15,5	5,6	2,888	22,78	16,17
17,0	5,4	2,768	21,84	17,11
18,3	5,3	2,708	21,37	17,58
20,3	5,0	2,529	19,96	18,99
23,2	4,2	2,053	16,20	22,75
28,3	3,4	1,578	12,45	26,50
30,3	3,0	1,341	10,58	28,37
33,0	2,2	0,869	6,86	32,09
36,4	1,4	0,399	3,15	35,80
39,0	1,2	0,281	2,22	36,73
43,3	1,0	0,164	1,29	37,66

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT

Tabla 5.20 Formación de producto B (etanol)

Tiempo (Horas)	Azúcar (Brix)	Etanol potencial (mL/100mL)	Etanol potencial (mg/mL)	Etanol producido (mg/mL)
0,0	10,0	5,545	43,75	0,00
1,0	10,0	5,545	43,75	0,00
2,4	9,8	5,423	42,79	0,96
4,0	9,3	5,119	40,39	3,36
5,2	9,3	5,099	40,23	3,52
6,5	8,9	4,856	38,31	5,44
7,6	8,9	4,856	38,31	5,44
9,6	8,2	4,452	35,12	8,63
11,0	7,8	4,210	33,22	10,54
12,3	7,6	4,089	32,26	11,49
14,9	7,0	3,728	29,41	14,34
15,7	6,8	3,607	28,46	15,29
17,0	6,6	3,487	27,51	16,24
18,5	6,5	3,427	27,04	16,71
20,3	6,2	3,247	25,62	18,13
23,2	5,6	2,888	22,78	20,97
28,4	4,8	2,410	19,01	24,74
30,3	4,6	2,291	18,07	25,68
33,0	3,6	1,697	13,39	30,37
36,4	3,2	1,460	11,52	32,24
39,0	3,0	1,341	10,58	33,17
43,3	2,2	0,869	6,86	36,89
46,5	1,8	0,634	5,00	38,75
50,3	1,2	0,281	2,22	41,53

Nota: Datos experimentales obtenidos en el Lab. 11 de la FIQT

Prueba A

$$m1 = 0,9521$$

Prueba B

$$m2 = 0,8541$$

Promedio entre prueba A y prueba B

$$m \text{ prom} = 0,9031$$

Entonces $Kp(0,173)^{\alpha} = 0,9031$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (3.25) obtenemos

$$P - P_0 = 0,9031 * (t - t_0) \dots (5.2)$$

Esta ecuación relaciona la concentración de producto un tiempo (t) determinado.

Según Erazo *et al.* (2001) la fermentación alcohólica cesa a las 96 horas y la velocidad de consumo de azúcares totales sigue una cinética de primer orden cuya constante de velocidad de reacción es $K=0,0135h^{-1}$.

Según Erazo *et al.* (2001) la fermentación acética cesa a las 72 horas obteniendo ácido acético hasta 6,8 %. La cinética de descomposición de alcohol etílico es de segundo orden con un valor de constante de velocidad $K=0,0188$ por el método de fermentación sumergida.

5.6 Instrumentos de monitoreo de proceso

Se propone la compra de 30 termómetros a utilizarse en los 28 fermentadores acéticos y 2 en los 2 fermentadores alcohólicos, con el fin de monitorear las fermentaciones en curso. Adicionalmente se comprará 4 refractómetros y 4 kits de titulación con NaOH para realizar los análisis correspondientes.

5.7 Formato de control de proceso

Se propone un formato único para el llenado de información relevante a lo largo de todo el proceso. Se especifica en el anexo 30.

Adicionalmente cada fermentador, ya sea alcohólico o acético, va a tener un formato para el llenado cada hora de la temperatura dentro de los fermentadores, siendo necesaria una alerta al encargado cuando pase, en cualquier caso, los 30 °C.

5.8 Ambiente de trabajo

Se requiere la necesidad de tener un ambiente ventilado, en especial en la zona de los fermentadores acéticos, es por ello que se requiere la compra de 6 ventiladores industriales con el fin de mantener con un flujo recirculante de aire. Con esto se evitará la presencia de plagas y se ventilará los compuestos volátiles propios de la fermentación acética. En adición, esta corriente de aire acelerará la recirculación de aire en los fermentadores acéticos, los cuales no están completamente herméticos.

5.9 Manejo de residuos sólidos y efluentes

En el anexo 7 se presenta el diagrama de operaciones, en el cual se evidencia la presencia de 2 tipos de residuos sólidos, 2 tipos de efluentes semi sólidos y 1 efluente líquido. Los 2 tipos de residuos sólidos son la manzana en putrefacción y los trozos de tallos y corazón, y de la manzana en mal estado, los cuales pueden ser complemento en la formulación de abono. También las pepas pueden ser aprovechadas para extraer aceite para uso alimentario. Además existe un estudio de Parmar & Rupasinghe (2013) que muestra un proceso mejorado de hidrólisis enzimática de bagazo de manzana en azúcares de levadura y bio-conversión concomitante para producir etanol y ácido acético. La torta de filtrado corresponde a uno de los 2 tipos de efluentes semi-sólidos o residuos húmedos, el cual contiene etanol. Este residuo es desechado pero podría aplicársele un prensado para la recuperación del etanol y un análisis de la torta de este filtrado para darle algún uso alimenticio. Por otro lado, los sólidos suspendidos luego de la fermentación acética son desechados. El efluente líquido es el agua de lavado, la cual se puede reutilizar en riego de cultivos.

CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA TIPO BATCH PARA UNA MICROEMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTORA DE VINAGRE DE MANZANA.

6.1. Introducción

- Denominación y ubicación del proyecto: Estudio de factibilidad técnico-económico de una planta tipo batch a escala microempresa industrial productora de vinagre de manzana.
- Departamento: Lima
- Provincia: Cañete
- Distrito: Santa Cruz de Flores
- Caserío: San Vicente de Azpitia
- Empresa: VINMANAZ S.A.C.
- Área estimada de planta y oficinas: 800 m² (Ver anexo 45)

6.2. Estudio de mercado

6.2.1. Análisis de la demanda

6.2.1.1. Identificación del mercado objetivo

El mercado objetivo está constituido por los hogares o familias del sector socioeconómico A y B1 ubicados en Lima Metropolitana, los cuales prefieren el consumo de productos naturales para sus actividades gastronómicas y terapéuticas, entre ellas el vinagre de frutas y de manzana (asumiendo que el consumo de vinagre de frutas es igual al vinagre de manzana).

6.2.1.2. Características de la demanda

Está dirigido a comensales de niveles socioeconómicos alto (A) y medio alto (B1) de Lima Metropolitana, las cuales tienen la solvencia económica para consumir este tipo de producto.

6.2.1.3. Estimación de la demanda

Se tomó como referencia la encuesta básica realizada por Hosaka *et al* (2000) que se muestra en el anexo 1. Por lo tanto, a partir de los resultados

de la encuesta se determinó que el 92 % de los encuestados actualmente compran vinagre (anexo 2).

Por otro lado, basado en la referencia (Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados, 2015), para el año 2015 se tienen 2 551 466 hogares en Lima Metropolitana, de ello 5,2 % pertenecen al sector A y 7,2 % al sector B1.

Entonces, calculando se tienen 132 676 familias en el sector A y 183 706 en el sector B1; por lo tanto se tienen 316 382 familias entre ambos sectores.

a) Demanda de vinagre de frutas o manzana en lima metropolitana.

En el anexo 3 se muestran los resultados de dicha encuesta sobre el consumo (en botellas de $\frac{1}{4}$ litro y $\frac{1}{2}$ litro) aproximado de dichos consumidores ya sea semanal, quincenal, mensual o bimensual. A su vez realiza el cálculo en su equivalente a unidad de botellas (de $\frac{1}{4}$ litro o $\frac{1}{2}$ litro) por mes. En el anexo 5, se realiza el cálculo de la demanda anual de vinagre en Lima Metropolitana, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el punto anterior y en los anexos 2 y 3.

Tabla 6.1. Demanda anual estimada de vinagre (en Litros) en Lima Metropolitana.

Tipo de vinagre	Botellas		Volumen (Litros/año)
	250 mL	500 mL	
Vinagre tinto	1 164 285	2 178 183	1 380 163
Vinagre blanco	1 193 392	3 095 058	1 845 877
Vinagre de fruta o manzana	0	271 666	135 833
Vinagre especial	7 7619	9 7024	6 7917
Total			3 429 789

En la tabla 6.1, se presenta los resultados de la demanda anual en Litros, para los diferentes tipos de vinagre.

Por lo tanto la demanda de vinagre de fruta o manzana es 135 833 L/año.

b) Proyección de la demanda vinagre de manzana

Considerando una tasa promedio de crecimiento poblacional anual igual a 1,3 % (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010), para Lima Metropolitana, se realiza la proyección anual de la demanda del vinagre de manzana, en Lima Metropolitana (ver tabla 6.2).

Tabla 6.2 Proyección actual de la demanda del vinagre de manzana

Año	Volumen (Litros)
1	135 833
2	137 599
3	139 388
4	141 200
5	143 036

c) Proyección de la demanda potencial

A partir de los resultados de las encuestas (anexo 4) se determina que la población que no compra actualmente vinagre, pero que estaría dispuesto a comprar vinagre de fruta, representa el 2 % del total. Este cálculo de representa en la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Cálculo de la proyección de la demanda de vinagre de manzana

Tipo de vinagre	Demanda potencial de vinagre (Litros/año)
Vinagre de manzana	$0,02 / 0,92 \times 3\,429\,789 \text{ L/año} = 74\,561 \text{ L/año}$

Asumiendo la misma tasa de crecimiento que en la proyección anterior, y la misma metodología de cálculo, se obtiene la demanda potencial en la tabla 6.4

Tabla 6.4. Proyección de la demanda potencial anual de vinagre de manzana en Lima Metropolitana

Año	Volumen (Litros)
1	74 561
2	75 530
3	76 512
4	77 506
5	78 514

6.2.1.4. Mercado total del proyecto

A partir de la proyección de la demanda del vinagre de manzana (tabla 6.3), así como la de la demanda potencial de vinagre de manzana (tabla 6.4), se proyecta el mercado total del proyecto (tabla 6.5), siendo la suma de las dos anteriores.

Tabla 6.5. Mercado total proyectado o demanda total

Año	Volumen (Litros)
1	210 394
2	213 129
3	215 900
4	218 706
5	221 550

6.2.1.5. Pronóstico de ventas

El mercado a abastecer con el proyecto en estudio, o cuota de mercado, siguiendo una línea conservadora, corresponde al 12 % del mercado total de éste para el primer y segundo año, 15 % para el tercero y 18 % para los siguientes años.

Por lo tanto, a partir del mercado que abastecerá el proyecto se estima el pronóstico de ventas mostrado en la tabla 6.6, considerando que la presentación del producto es por botellas de 500 mL.

Tabla 6.6 Pronóstico de ventas

Año	Volumen (litros)	Botellas (500ml)
1	25 247	50 495
2	25 575	51 151
3	32 385	64 770
4	39 367	78 734
5	39 879	79 758

6.2.2. Análisis de la oferta

6.2.2.1. Análisis “FODA”

En el anexo 6, se enlistan tanto factores internos (fortalezas y debilidades) como factores externos (oportunidades y amenazas) aplicados a este tipo de organización, dichos factores se dan desde el punto de vista de: Producción y control, calidad, económico, social. En la tabla 6.7 se detalla la matriz FODA resultante.

A partir de la matriz FODA, se obtienen la Matriz de Evaluación del Factor Interno (MEFI) y la Matriz de Evaluación del Factor Externo (MEFE), presentadas en las tablas 6.8 y 6.9, para analizar la influencia de los factores internos y externos, las cuales permitirán evaluar la factibilidad del éxito de las metas organizacionales.

Se asigna un peso entre 0.0 (no importante) a 1.0 (absolutamente importante) a cada uno de los factores. El peso adjudicado a un factor dado indica la importancia relativa del mismo para alcanzar el éxito de la empresa. Independientemente de que el factor clave represente una fuerza o una debilidad interna, los factores que se consideren que repercutirán más en el desempeño de la organización deben llevar los pesos más altos. El total de todos los pesos debe de sumar 1.0.

Se asigna una calificación entre 1 y 4 a cada uno de los factores a efecto de indicar si el factor representa una debilidad mayor (calificación = 1), una debilidad menor (calificación = 2), una fuerza menor (calificación =3) o una fuerza mayor (calificación = 4).

Tabla 6.7. Matriz FODA aplicado a la organización

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Personal capacitado en el proceso productivo. - Organigrama sencillo que permite la rápida toma de decisiones. - Empleo de un canal de distribución corto, que permite tener un mayor control sobre el producto. - Produce un bien de consumo con características estandarizadas. - Implementa sistemas de control de calidad del producto. - Proceso productivo optimizado a bajo costo de producción. - Busca crear un ambiente de trabajo que favorezca a la motivación y al desarrollo del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza un proceso productivo conocido. - Ofrece un solo producto. - Carece de record bancario. - Cuenta con poca experiencia comercial. - Carece de imagen de marca.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada. - Competencia líder en el mercado de vinagre presenta problemas por baja calidad de productos. - Información sobre las necesidades del consumidor a través de potenciales clientes cocineros - Disponibilidad y bajo costo de materia prima. - Bajo costo de mano de obra. - Fomento de la pequeña y mediana industria (PYME) por parte del estado peruano. - Crecimiento sostenido del negocio gastronómico peruano en la última década - Ausencia de un vinagre de manzana exclusivo al mercado culinario de alta cocina. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de equipos y maquinarias con capacidad al de nuestro tamaño de planta. - Escasez en el mercado de bacterias acéticas. - Aumento del costo de insumos importados - Acceso limitado a fuentes de financiamiento por falta de credibilidad financiera. - Ausencia de información estadística actualizada. - Incremento de las importaciones de vinagre e ingreso de nuevos competidores - Reacción del líder y de los demás competidores. - Pérdida de capacidad de compra de los consumidores.

Tabla 6.8. Matriz MEFI, para el análisis de los factores internos.

Factor interno	Peso	Calificación	Peso ponderado
Fortalezas			
1. Personal capacitado en el proceso productivo.	0,09	3	0,27
2. Organigrama sencillo que permite la rápida toma de decisiones.	0,01	2	0,02
3. Canal de distribución corto, para un mayor control sobre el producto.	0,02	1	0,02
4. Producto con características estandarizadas.	0,14	3	0,42
5. Sistemas de control de calidad del producto.	0,11	4	0,44
6. Proceso productivo optimizado a bajo costo de producción.	0,16	3	0,48
7. Creación de un ambiente de trabajo hacia la motivación y al desarrollo del personal.	0,03	1	1
Ponderado fortalezas			2,65
Debilidades			
1. Utiliza un proceso productivo conocido.	0,08	1	0,08
2. Ofrece un solo producto.	0,03	2	0,06
3. Carece de record bancario.	0,10	3	0,3
4. Cuenta con poca experiencia comercial.	0,11	2	0,22
5. Carece de imagen de marca.	0,12	4	0,48
Ponderado debilidades			1,14
Total	1,00		3,79

Tabla 6.9. Matriz MEFI, para el análisis de factores ambientales o externos.

Factor externo	Peso	Calificación	Peso ponderado
Oportunidades			
1. Mano de obra calificada y no calificada.	0,04	1	0,04
2. Competencia líder en el mercado con baja calidad de productos.	0,05	4	0,2
3. Información sobre las necesidades del consumidor.	0,05	4	0,2
4. Disponibilidad y bajo costo de materia prima.	0,08	2	0,16
5. Bajo costo de mano de obra.	0,11	2	0,22
6. Fomento de la pequeña y mediana industria (PYME) por parte del estado peruano.	0,12	3	0,36
7. Crecimiento sostenido del negocio gastronómico peruano.	0,06	4	0,24
8. Ausencia del producto exclusivo al mercado culinario de alta cocina.	0,01	2	0,02
Ponderado oportunidades			1,44
Amenazas			
1. Ausencia de equipos y maquinarias con capacidad al tamaño de planta.	0,05	3	0,15
2. Escasez en el mercado de bacterias acéticas.	0,01	4	0,04
3. Aumento del costo de insumos importados	0,02	1	0,02
4. Acceso limitado a fuentes de financiamiento por falta de credibilidad financiera.	0,09	3	0,27
5. Ausencia de información estadística actualizada.	0,01	3	0,03
6. Incremento de las importaciones de vinagre e ingreso de nuevos competidores	0,10	2	0,2
7. Reacción de los demás competidores.	0,09	1	0,09
8. Pérdida de capacidad de compra de los consumidores.	0,11	4	0,44
Ponderado amenazas			1,24
Total	1,00		2,68

De dichas tablas se puede apreciar que:

- Respecto a los factores internos, las fortalezas son favorables a la organización con un peso ponderado de 2,65 contra 1,14 de las debilidades.
- Respecto a los factores externos, el peso ponderado de las oportunidades es 1,44 contra 1,24 de las amenazas, lo cual indica que existe un ambiente externo favorable a la organización.

Por lo tanto se concluye que el proyecto es factible organizacionalmente, siendo sus fortalezas mayores a sus debilidades y teniendo un ambiente externo favorable.

6.2.3. Sistema de comercialización

Aprovechando el crecimiento económico de las bio-ferias en Lima Metropolitana (Diario El Comercio, 2015), y siendo estos lugares especiales para el incentivo comercial de este tipo de productos orgánicos. Se elegirán a estos como centros de distribución para este producto, existiendo 8 bio-ferias en Lima – Metropolitana en la actualidad.

Se empleará el sistema de distribución tradicional, es decir la distribución de parte del proyectado en ventas del vinagre se realizará desde las instalaciones de VINMANAZ S.A.C. hacia los almacenes de los bio-ferias, para ser vendida a los consumidores finales. Esta distribución será realizada por personal y vehículo de VINMANAZ S.A.C. Así mismo el área comercial de la empresa canalizará la venta del resto del pronóstico de ventas a Casas naturistas en Lima Metropolitana. Mediante una constante nuevas búsqueda de mercados y una siguiendo el sistema de distribución antes mencionado.

El precio de venta del vinagre de manzana para el año 2016, se estableció entre los 15 y 16 soles por cada 500 mL, estos valores se obtuvieron del precio de la competencia y del producto "*Vinagre de Manzana Sol de Azpitia*". Por lo tanto para el proyecto se va a considerar el precio de venta como 15 soles/botella de 500 mL.

6.3. Ingeniería del Proyecto

6.3.1. Descripción general del proceso

Basado en los resultados de los puntos anteriores del presente trabajo, el nuevo proceso productivo consta de 8 operaciones y 2 fermentaciones, las cuales se denotan en el diagrama de flujo básico (figura 6.1):

En base a lo descrito anteriormente, se diseña el diagrama de operaciones en el anexo 7 para dicho proyecto y el diagrama de procesos en el anexo 31.

6.3.2. Capacidad de planta

El proceso productivo está definido en función de las fermentaciones. Estos son las operaciones de fermentación alcohólica y acética. Luego de las pruebas experimentales y de verificación, se obtuvo un tiempo de promedio fermentación alcohólica de 38 horas. Para la fermentación acética se obtuvo un promedio de 42 horas. Dado que se opera 360 días al año y la etapa que origina el cuello de botella más prolongado es de 2 días (fermentación acética), entonces se producen los 360 días al año a 120 Litros de vinagre diariamente, entonces se realiza la estimación en la tabla 6.10.

El tiempo de ciclo para el proceso es igual al tiempo de la operación cuello de botella (fermentación acética), es decir 42 horas y por fines preventivos se redondea a 48 horas, pues se pueden tener tiempos de holgura, como por ejemplo relevos, mantenimiento correctivo, preventivo, etc.

El tiempo de flujo total del proceso es aproximadamente 94 horas. Para calcular la producción diaria, se toma en cuenta el valor máximo del pronóstico de ventas, dividido entre la cantidad de días al año, como sigue:

$$\text{Producción diaria} = \frac{39\,876\text{ L/año}}{360\text{ días/año}} = 110,7 \frac{\text{L}}{\text{día}} \approx 120\text{ L/día}$$

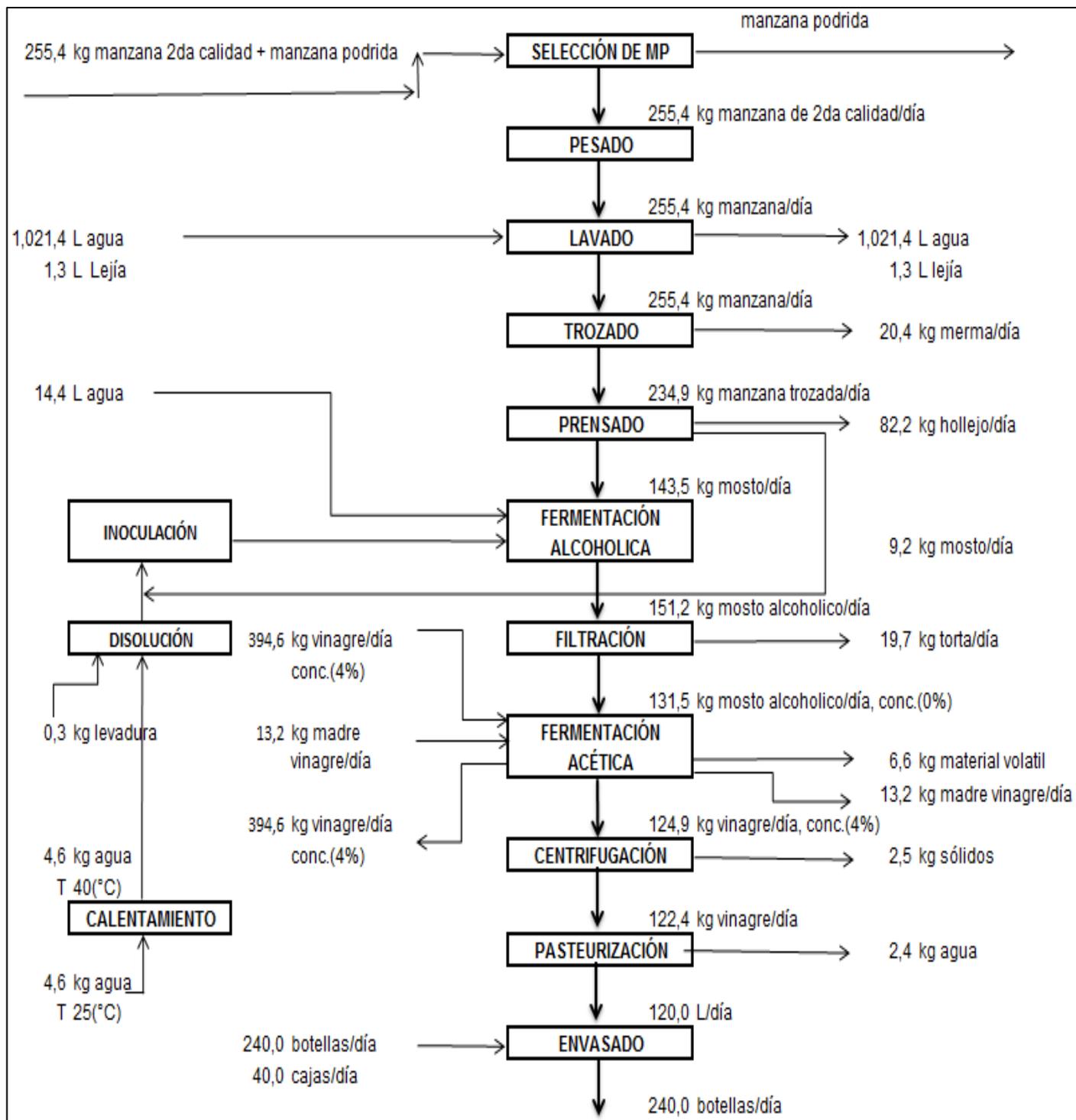


Figura 6.1 Diagrama básico del proceso productivo de vinagre de manzana. Fuente: Elaboración propia (2017)

Se determinó un tamaño de fermentador acético de 40 L, debido al escalamiento del fermentador de 6 L aplicado en las pruebas experimentales. Por cada uno de dichos fermentadores, se obtiene 10 L de vinagre al 4 %, entonces se necesitan 14 fermentadores para obtener los 120 litros al día. Sin embargo debido a que el cuello de botella del proceso es de 48 horas (2 días), entonces se necesitan 2 veces la cantidad de fermentadores (28 fermentadores). En el siguiente cuadro (tabla 6.10) se presenta la producción anual bruta en función a la producción diaria calculada anteriormente.

Tabla 6.10. Cálculo de la capacidad instalada

Año	Numero días al año	Producción diaria bruta (Litros)	Producción anual bruta (Litros)
1	357	120	42 840
2	360	120	43 200
3	360	120	43 200
4	360	120	43 200
5	360	120	43 200

A partir de este cálculo y tomando en cuenta la capacidad instalada de 43 200 litros anuales de vinagre, se calcula la eficiencia para cada operación (tabla 6.11), en la cual para el cálculo se tomó como referencia la eficiencias de la parte experimental calculadas en los anexos 40, 41 y 42.

En la planta se opera con una capacidad técnica de producción establecida de acuerdo con los equipos empleados en las operaciones mecánicas, mientras que las operaciones manuales se toman en cuenta la capacidad humana (figura 6.3).

El aprovechamiento de la capacidad instalada se incrementa conforme transcurre el tiempo y el personal adquiere experiencia en la realización de sus tareas (Hosaka *et al.*, 2000). Este permite establecer la capacidad real de la planta (Tabla 6.12)

Tabla 6.11. Eficiencia de cada etapa

Operación	Capacidad		Eficiencia (%)
Pesado	255,4	kg/día hombre	1,00
Lavado	255,4	kg/día	1,00
Trozado	255,4	kg/día	0,92
Extracción	234,9	kg/día	0,65
Fermentación alcohólica	152,7	kg de mosto /batch	0,99
Filtración(filtro prensa)	151,2	kg de mosto/día	0,87
Fermentación acética	131,5	kg de vinagre /batch	0,95
Centrifuga de sedimentación tubular	124,9	kg/batch	0,98
Pasteurización	122,4	kg vinagre /batch	0,98
Envasado	120,0	L /día	1,00

Tabla 6.12. Capacidad real de producción

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capacidad instalada (botellas)	85 680	86 400	86 400	86 400	86 400
Aprovechamiento de la capacidad instalada	63,9 %	60,5 %	76,3 %	91,2 %	92,3 %
Producción (botellas)	54 757	52 286	65 934	78 820	79 758
Producción (botellas/batch)	153	145	183	219	222

6.3.3. Requerimiento de producción

6.3.3.1. Requerimiento de maquinaria y equipos

El requerimiento de maquinaria y equipos a usarse en el proceso productivo, especificando la parte del proceso en el que se utilizan, el número de equipos, la capacidad, las dimensiones, las características, y el costo, se encuentran en la tabla 6.13.

Tabla 6.13 Requerimiento de máquinas y equipos

Proceso/servicio	Maquinaria y/o equipo	N°	Capacidad o dimensión	Características	Costo (S/.)
Pesado	Balanza	1	300 kg	Electrónica de plataforma, 45x60 cm	1 000
Lavado	Poza de lavado	2	1,0 m x 0,7 m x 0,2 m(140 L)	Acero inoxidable(AISI - 304 -18/10) con patas tubulares, tablero inclinado, desfogue lateral, bordes y esquinas sanitarias	10 000
Trozado	Peladora y trozadora de manzana de acero inoxidable	1	60 kg/h	Motor de 180 W, con una dimensión de 310x330x20 mm, automática.	17 500
Extracción	Extractor de mosto industrial	1	80 kg/h	Extractor de aluminio pulido y acero inoxidable AISI 304. 0 - 2800 rpm, 370 W	3 500
Disolución e inoculación	Ollas de Acero inoxidable.	2	5 L, 20 L	Ollas caseras de acero inoxidable de 5 L(para disolución) y 20 L (para inoculación)	300
Fermentación alcohólica	Fermentador alcohólico	2	220 L	Bidón de plástico color azul y tapa negra, apto para uso alimentario, con cierre fleje estándar (hermético), manguera de salida de gases, válvula de PVC de 1".	400
Filtración	Filtro tipo prensa	2	100 L	Filtro prensa liviano con placas mecanizadas de 500x500.	3 000
	Bomba	1	1 L/min	Centrifuga de acero inoxidable 0.75 HP	500

Proceso/servicio	Maquinaria y/o equipo	N°	Capacidad o dimensión	Características	Costo(S/.)
Fermentación acética	Fermentador acético	28	40 L	Recipiente plástico rectangular de 40 Litros, con rejilla de Nylon para soporte de la bacteria acética y ventilación de aire, con válvula de 1/2 " para toma de muestra.	6 020
Centrifugación por sedimentación	Centrifuga tubular de baja velocidad	1	100 L/h	Centrifuga de acero inoxidable AISI 304, 0 - 4500 rpm; 1.5 KW; 650x380x1150 mm	10 000
Pasteurización (Estabilización)	Marmita de acero inoxidable	1	150 L	Cilíndrico vertical de acero inoxidable AISI 316, con revestimiento o camisa cerrada para fluido de intercambio de calor, y hornilla de calefactora, con válvula descarga de 1 pulg.	3 000
Envasado	Maquina envasadora volumétrica.	1	1 500 botellas/hora	Manual a sifón de 2 caños, acero inoxidable AISI 316. Envase de vidrio transparente con tapa sellada., Regulable de 250 mL a 4 L. Envase de 500 mL(0.82x0.80x1.55m).	5 000
Agua	Tanque	1	1 m3	De polietileno azul o negro.	500
	Bomba	1	1 500 L/h	Centrifuga de acero inoxidable 0.5 HP	300
	Poza	1	1 m3	Concreto reforzado, solo para uso de servicio.	2 000
Aire	Compresor de aire	1	2 Hp	Eléctrica, 24 L, para uso del envasador volumétrico, y otros.	200
Total					63 220

Fuente: Fernández (2011)

6.3.3.2. Requerimiento de materia prima, insumos y materiales

Se calcula de acuerdo al rendimiento en el proceso productivo diseñado (tabla 6.14) y a su balance de masa.

Tabla 6.14. Requerimiento anual de materia prima e insumos.

Materia prima / insumo/ materiales	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año5
Manzana (kg)	58 261	55 632	70 153	83 863	84 862
Levadura (kg)	75	68	85	100	101
Hipoclorito de Sodio o lejía (Litros)	314	284	356	420	424
Envases (botellas)	59 114	53 423	67 007	78 898	79 758
Cajas de cartón (6 botellas por caja)	9 852	8 904	11 168	13 150	13 293
Vinagre iniciador para 1er lote	252	0	0	0	0

6.3.3.3. Consumo de energía eléctrica

Se calcula a partir de las especificaciones de los equipos y su tiempo de funcionamiento aproximado (tabla 6.15).

Tabla 6.15. Requerimiento de energía eléctrica (kWh)

Equipo	Nr.	HP	Kw	Horas de uso diario	Año1	Año2	Año3	Año 4	Año5
Balanza electrónica	1	0,007	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Peladora/trozadora	1	0,241	0,18	8,0	328,5	313,7	395,6	472,9	478,5
Extractor de mosto	1	0,496	0,37	3,0	253,3	241,8	304,9	364,5	368,9
Bomba del filtro prensa	1	0,75	0,56	3,0	382,8	365,5	460,9	551,0	557,6
Hornilla para calentamiento de agua(fermentación alcohólica)	1	1,509	1,13	0,5	128,3	122,5	154,5	184,7	186,9
Centrifugadora tubular	1	2,012	1,50	1,5	513,3	490,2	618,1	738,9	747,7
Hornilla de marmita de pasteurizador	1	1,509	1,13	1,0	256,7	245,1	309,1	369,5	373,9
Compresor de envasadora volumétrica	1	1	0,75	0,2	27,2	26,0	32,8	39,2	39,7
Lámparas	12	0,06	0,04	24,0	356,9	356,9	356,9	356,9	356,9
Reflectores	5	0,67	0,50	24,0	3 984,9	3 984,9	3 984,9	3 984,9	3 984,9
Total		8,25	6,15	65,3	6 232,0	6 146,7	6 617,8	7 062,7	7 095,1

6.3.3.4. Consumo de agua

El consumo de agua se calcula en función al balance de masa y al programa de producción. Además se considera un consumo extra para los diferentes usos como limpieza y servicios higiénicos (almacenado en la poza) que se calcula un aproximado de 1m³ diario; y una reserva en caso de emergencias (almacenado en el tanque); en este último caso el agua se renueva una vez al mes (tabla 6.16).

Tabla 6.16 Requerimiento de agua para el proceso

Año	Consumo proceso (m³)	Tanque almacenamiento (m³)	Poza (m³)	Volumen (m³)
1	373	15	360	748
2	373	15	360	748
3	373	15	360	748
4	373	15	360	748
5	373	15	360	748

6.3.3.5. Requerimiento de mano de obra

En requerimiento de mano de obra, se considera un gerente general el cual es el administrador de la empresa y a la vez es el jefe de planta; dos laboratoristas para el análisis de control de calidad para cubrir las 24 horas toda la semana; un supervisor para controlar la producción en 5 – 6 días por semana; de 4 a 6 operarios, debido a que se tienen 10 operaciones, y se incrementan los operarios debido al aumento de la producción (tabla 6.17).

Tabla 6.17. Requerimiento de mano de obra

Cargo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gerente general	1	1	1	1	1
Laboratorista	1	1	1	1	1
Supervisor	1	1	1	1	1
Obreros	5	5	5	5	5
Transporte	1	1	1	1	1
Encargado de ventas	1	1	1	1	1
Total	10	10	10	10	10

6.3.4. Localización.

Según Sapag *et al* (2008), para realizar una localización adecuada se deberá incluir por los menos los siguientes factores globales: medios y costos de transporte, disponibilidad y costo de mano de obra, cercanía a las fuentes de abastecimiento y cercanía al mercado, y acondicionamiento climático. En el análisis de la ubicación del proyecto hay dos etapas necesarias que realizar. La selección de una macrolocalización y, dentro de ésta, la de la microlocalización definitiva. Para fines del presente proyecto, no ha sido necesario realizar ambos análisis ya que tenemos restricciones respecto a la cercanía de la materia prima, manzana de Azpitia o sus alrededores, y a la disponibilidad de mano de obra, la cual debe ser gente de la zona con fines de cumplir el objetivo de revalorizar económica la zona en mención.

Con respecto a la macrolocalización ya se tiene bien definida la región del Perú donde se ubicaría VINMANAZ S.A. Esta es la provincia de Cañete, en específico el Valle de Mala, zona rica en producción de manzana. Y con respecto a la microlocalización, esta está determinada principalmente al alquiler del terreno y a sus características, siendo además dentro o cercano al caserío de Azpitia para no escapar de los objetivos del proyecto. Se consideraría entonces el caserío de Azpitia, el distrito de Santa Cruz de Flores, la

ciudad de Mala o sus alrededores como potenciales ubicaciones de la planta y su área administrativa.

6.3.5. Tamaño

6.3.5.1. Tamaño-mercado

De acuerdo al estudio de mercado, el mercado total del proyecto es de 210 394 litros de vinagre para el primer año y 221550 para el 5to año, considerando una tasa de crecimiento anual proyectada de 1,3 %. Bajo un criterio conservador, el proyecto suplirá en el primero y segundo año el 12 %, en el tercer año el 15 % y en los siguientes 2 años el 18 %

El proyecto considera la instalación de solo una planta de procesamiento con una capacidad instalada de 86400 litros de vinagre, la cual operara a 63,9 % durante el primer año. Luego la producción se incrementará progresivamente hasta alcanzar para el quinto año un 92,3% de la capacidad instalada, que mantiene un margen razonable de aprovechamiento como medida de contingencia. Por lo tanto no se consideran ampliaciones para los primeros cinco años.

6.3.5.2. Tamaño - tecnología

La relación tamaño tecnología está en función de los cuellos de botella del proceso productivo, en este caso se trata de las etapas de fermentación alcohólica y acética.

6.3.5.3. Tamaño - localización

El tamaño de la planta se debe determinar teniendo en cuenta el abastecimiento en cantidad y calidad de la materia prima, los insumos, los envases y embalajes. En cuanto a la materia prima, su abastecimiento se asegura debido a la existencia de producto de segunda calidad en la zona de Azpitia o alrededores, el cual se recolecta en los huertos de cultivo. Existen en Lima empresas comercializadoras de levaduras, envases y embalajes que pueden abastecer a la planta.

6.3.5.4. Tamaño - financiamiento

El proyecto asegura de contar con un financiamiento adecuado, de tal manera que cubra la compra de activos fijos (maquinarias y equipos) y activos circulantes (capital de trabajo) para el tamaño de planta elegido, considerando las condiciones y disponibilidad de los recursos financieros (líneas de crédito, tasa de interés, periodo de gracia y costo de oportunidad) sin perjudicar el resultado de la evaluación financiera.

6.4. Evaluación Económica

6.4.1. Inversión

Se tiene en cuenta que los costos de los equipos fueron calculados en la tabla 6.13, los demás ítems se estiman de precios establecidos en el mercado. Ascende a 225 021 soles (tabla 6.18).

Tabla 6.18 Inversión Total.

Concepto	(S/.)	%
Inversión fija tangible	181 220	80,5 %
Costo de equipos	63 220	28,1 %
Refacciones planta	10 000	4,4 %
Refacciones oficina	2 000	0,9 %
Instrumentos de Laboratorio	2 000	0,9 %
Instalaciones eléctricas	4 000	1,8 %
Vehículo	50 000	22,2 %
Estructura prefabricada	30 000	13,3 %
Muebles	15 000	6,7 %
Contingencias	5 000	2,2 %
Inversión fija intangible	9 500	4,2 %
Organización	5 000	2,2 %
Estudio de inversión	1 000	0,4 %
Costo de constitución	500	0,2 %
Contingencias	3 000	1,3 %
Total inversión fija	190 720	84,8 %
Capital de trabajo	34 301	15,2 %
Total de inversión	225 021	100 %

6.4.2. Financiamiento

6.4.2.1. Inversión fija

Será financiada en un 60 % por una fuente externa y el 40 % restante será aportado por los inversionistas. El financiamiento a largo plazo de esta inversión será solicitado a COFIDE por medio de un intermediario financiero. Los pagos de este financiamiento se realizarán trimestralmente durante cinco años, teniendo como periodo de gracia un año. Se considera una tasa de interés fija del 15,5 % efectiva anual que equivale a una tasa trimestral de 3,56 %.

6.4.2.2. Capital de trabajo

La inversión de capital de trabajo será financiada en un 100 % por una fuente externa. El financiamiento, a mediano plazo, de esta inversión será solicitado a COFIDE por medio de un intermediario financiero. Los pagos de este financiamiento se efectuarán trimestralmente durante 2 años, teniendo como periodo de gracia dos trimestres. La tasa efectiva anual será de 17 %, que corresponde a una tasa trimestral de 3,56 %.

6.4.3. Servicio de la deuda

6.4.3.1. Programa de amortización

En base a lo mencionado en los puntos 6.4.2.1 y 6.4.2.2, se realiza el programa de pago de las deudas de inversión fija (tabla 6.19) y capital de trabajo (tabla 6.20 y tabla 6.21).

Tabla 6.19 Programa de pago de la deuda – inversión fija (S/.)

Año	Trimestre	Saldo inicial	Amortización	Interés	Saldo final	Cuota
1	1	114 432		4 291	114 432	4 291
	2	114 432		4 291	114 432	4 291
	3	114 432		4 291	114 432	4 291
	4	114 432		4 291	114 432	4 291
2	5	114 432	5 349	4 291	109 083	9 640
	6	109 083	5 550	4 091	103 533	9 640
	7	103 533	5 758	3 882	97 775	9 640
	8	97 775	5 974	3 667	91 802	9 640
	9	91 802	6 198	3 443	85 604	9 640
3	10	85 604	6 430	3 210	79 174	9 640
	11	79 174	6 671	2 969	72 502	9 640
	12	72 502	6 921	2 719	65 581	9 640
4	13	65 581	7 181	2 459	58 400	9 640
	14	58 400	7 450	2 190	50 950	9 640
	15	50 950	7 730	1 911	43 220	9 640
	16	43 220	8 020	1 621	35 200	9 640
	17	35 200	8 320	1 320	26 880	9 640
5	18	26 880	8 632	1 008	18 248	9 640
	19	18 248	8 956	684	9 292	9 640
	20	9 292	9 292	348	0	9 640

Tabla 6.20. Programa de pago de la deuda – capital de trabajo (S/.)

Año	Trimestre	Saldo inicial	Amortización	Interés	Saldo final	Cuota
1	1	34 301		1 372	34 301	1 372
	2	34 301		1 372	34 301	1 372
	3	34 301	5 171	1 372	29 129	6 543
	4	29 129	5 378	1 165	23 751	6 543
	5	23 751	5 593	950	18 158	6 543
2	6	18 158	5 817	726	12 341	6 543
	7	12 341	6 050	494	6 292	6 543
	8	6 292	6 292	252	0	6 543

Tabla 6.21. Programa de pago de la deuda – Resumen (S/.).

Año	Saldo inicial	Amortización	Interés	Saldo final	Cuota
1	148 733	10 549	22 446	138 183	32 995
2	138 183	46 382	18 353	91 802	64 734
3	91 802	26 221	12 341	65 581	38 561
4	65 581	30 381	8 181	35 200	38 561
5	35 200	35 200	3 361	0	38 561

6.4.3.2. Costo del capital promedio ponderado (CCPP).

El costo de capital promedio ponderado representa el costo de la estructura de financiamiento del proyecto.

Se calcula tomando en cuenta las proporciones de las fuentes (externa e interna) respecto al endeudamiento total, su costo y el escudo fiscal (tasa del 30 %) generado. El CCPP del proyecto es de 15,52 % (tabla 6.22)

Tabla 6.22 Costo de capital promedio ponderado.

Fuente	(S/.)	%	Costo	Escudo Fiscal	CCPP
Banca Inv. Fija	114 432	51 %	15 %	70 %	5,34 %
Banca Cap. Trab.	34 301	15 %	16 %	70 %	1,71 %
Aporte Propio	76 288	34 %	25 %		8,48 %
Total	225 021	100 %			15,52%

6.4.4. Presupuesto de ingresos y gastos**6.4.4.1. Presupuesto de ventas**

Se calcula a partir del pronóstico de ventas y el valor de venta para el fabricante calculado en 11,54 soles por botella. Este precio se estableció considerando un costo promedio unitario de los 5 años, un margen de ganancia para el fabricante, un margen del 30 % de ganancia para el vendedor final y el precio final de etiqueta de 15 nuevos soles. A los clientes (vendedores de las bio-ferias o casa naturistas) se les da crédito a 30 días

como política de ventas. A continuación se presenta el presupuesto de ventas (tabla 6.23).

Tabla 6.23. Presupuesto de ventas

Ventas	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Volumen	botellas	50 495	51 151	64 770	78 734	79 758
Valor	(S./)botella	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54
Ingreso	(S./)	582 695	590 270	747 429	908 575	920 386

6.4.4.2. Presupuesto de costos y gastos

De la misma forma, a partir del pronóstico de ventas y el valor de producción real, se tiene el inventario de producción (tabla 6.24). La política de inventarios contempla que se cuenta sólo con inventarios de insumos y producto terminado. El volumen de los insumos almacenados es el requerido para la producción del siguiente mes. El volumen de producto terminado almacenado es el requerido para las ventas del siguiente mes. Para el cálculo del inventario final del año 5 se considera un proyectado en ventas para el año 6 igual al año 5.

Tabla 6.24 Presupuesto de producción

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inventario inicial	botellas		4 263	5 397	6 561	6 646
Ventas	botellas	50 495	51 151	64 770	78 734	79 758
Inventario final	botellas	4 263	5 397	6 561	6 646	6 646
Producción	botellas	54 757	52 286	65 934	78 820	79 758

Con ello se realiza el presupuesto de costos de mostrado en la tabla 6.25. Para este presupuesto considerar que los costos de materia prima directa e insumos se calculan en los anexos 8 y 9. El presupuesto de mano de obra directa se calcula en el anexo 10. Los costos indirectos de fabricación se calculan en el anexo 14, el cual resulta de la suma de los anexos 11, 12 y 13. Finalmente se plantea la estructura de costos en la tabla 6.27. Para calcular el presupuesto de gastos administrativos y de ventas mostrado en el cuadro 6.26 se toman en cuenta los anexos 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.

Tabla 6.25 Presupuesto de costos de producción (S/.)

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materia prima directa e insumos	(S/.)	30 723	29 337	36 994	44 224	44 751
Mano de obra directa	(S/.)	80 400	80 400	80 400	80 400	80 400
Costos indirectos de fabricación	(S/.)	83 908	83 878	84 043	84 199	84 210
Costo de producción	(S/.)	195 032	193 615	201 438	208 823	209 361
Producción	botellas	54 757	52 286	65 934	78 820	79 758
Costo de producción unitario	(S./) / botella	3,56	3,70	3,06	2,65	2,62

Tabla 6.26. Presupuestos de gastos administrativos y de ventas(S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos administrativos					
Sueldos	99 696	99 696	99 696	99 696	99 696
Amortización y depreciación	7 166	7 166	7 166	5 000	5 000
Otros	98 796	98 796	98 796	98 796	98 796
Servicios	2 729	2 729	2 729	2 729	2 729
Total (S/.)	208 388	208 388	208 388	206 221	206 221
Gastos de ventas					
Sueldos	16 080	16 080	16 080	16 080	16 080
Depreciación	500	500	500	500	500
Otros	12 100	12 100	12 100	12 100	12 100
Servicios	2 729	2 729	2 729	2 729	2 729
Total (S/.)	31 409				

En la tabla 6.27 se presenta la estructura de costos divididos en fijo y variables, estos se calculan a partir del presupuesto de costo de producción, gastos administrativos, gastos de ventas y gastos financieros.

Tabla 6.27 Estructura de costos

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos variables					
Materia prima e insumos	30 723	29 337	36 994	44 224	44 751
Mano de obra directa	80 400	80 400	80 400	80 400	80 400
Total costos variables	111 123	109 737	117 394	124 624	125 151
Costos fijos					
Costos indirectos de fabricación	83 908	83 878	84 043	84 199	84 210
Gastos administrativos y de ventas	239 797	239 797	239 797	237 631	237 631
Gastos financieros	22 446	18 353	12 341	8 181	3 361
Total costos fijos	346 151	342 028	336 181	330 010	325 202
Costos totales	457 275	451 765	453 575	454 635	450 353

6.4.5. Punto de equilibrio

En la tabla 6.28 se muestra el cálculo del punto de equilibrio proyectado, el cual es el volumen de ventas con el cual no habrá una utilidad ni una pérdida en el respectivo año.

6.4.6. Estados económico y financiero

6.4.6.1. Estado de ganancias y pérdidas.

Se elabora a partir de los presupuestos de ventas, costo de producción y gastos administrativos, de ventas y financieros. Se considera una tasa tributaria de 30 % sobre la utilidad imponible (tabla 6.29 y tabla 6.30).

Tabla 6.28 Punto de equilibrio

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Producción	botellas	54 757	52 286	65 934	78 820	79 758
Precio de venta	(S/.)	12	12	12	12	12
Costo fijo total	(S/.)	346 151	342 028	336 181	330 010	325 202
Costo variable total	(S/.)	111 123	109 737	117 394	124 624	125 151
Costo variable unitario	(S./)botella	2	2	2	2	2
Punto de equilibrio	botellas	36 397	36 228	34 447	33 138	32 616
	(S/.)	420 015	418 063	397 514	382 406	376 381

Tabla 6.29. Estado de ganancias y pérdidas económico (S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	582 695	590 270	747 429	908 575	920 386
Costo de ventas	179 849	189 413	197 882	208 597	209 361
Utilidad bruta	402 845	400 857	549 547	699 977	711 025
Gastos administrativos	208 388	208 388	208 388	206 221	206 221
Gastos de ventas	31 409	31 409	31 409	31 409	31 409
Utilidad operativa	163 048	161 060	309 750	462 347	473 394
Utilidad antes de impuestos	163 048	161 060	309 750	462 347	473 394
Impuesto a la renta (30 %)	48 915	48 318	92 925	138 704	142 018
Utilidad neta	114 134	112 742	216 825	323 643	331 376

Tabla 6.30. Estado de ganancias y pérdidas financiero (S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	582 695	590 270	747 429	908 575	920 386
Costo de ventas	179 849	189 413	197 882	208 597	209 361
Utilidad bruta	402 845	400 857	549 547	699 977	711 025
Gastos administrativos	208 388	208 388	208 388	206 221	206 221
Gastos de ventas	31 409	31 409	31 409	31 409	31 409
Utilidad operativa	163 048	161 060	309 750	462 347	473 394
Gastos financieros	22 446	18 353	12 341	8 181	3 361
Utilidad antes de impuestos	140 602	142 708	297 409	454 166	470 034
Impuesto a la renta (30 %)	42 181	42 812	89 223	136 250	141 010
Utilidad neta	98 422	99 895	208 186	317 916	329 024

6.4.6.2. Flujo de caja

El flujo de caja es un estado financiero que compara los ingresos con los egresos en efectivo para determinar la liquidez del proyecto. Este es elaborado a partir de la utilidad neta del estado de ganancias y pérdidas, el gasto de depreciación y amortización, la variación del capital de trabajo y la amortización de deuda. Se calcula la caja mínima estimada de cada año como la división de las ventas del año 1 entre 360 días y multiplicado por 2 días. Para determinar la variación del capital de trabajo se requiere calcular este para cada año, tomando en cuenta el activo y pasivo circulante, esto se presenta en los anexos 22 y 23. El activo circulante se compone de caja y bancos, cuentas por cobrar e inventarios. Se calcula tomando en cuenta los presupuestos de compras, producción y ventas con sus respectivas políticas. El pasivo circulante se compone de proveedores por pagar que se calcula a partir del presupuesto de compra. El pago de IGV no se considera en este proyecto debido a la complejidad en los cálculos y a su vez debe tenerse en cuenta que el cliente final asume dicho pago, el cual simplemente se debería agregar al precio de final de venta (tabla 6.31 y 6.32)

Tabla 6.31 Flujo de caja económico (S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos					
Utilidad neta del GPE	114 134	112 742	216 825	323 643	331 376
Depreciación y amortización	30 888	30 888	30 888	28 722	28 722
FGO	145 022	143 631	247 713	352 365	360 098
Egresos					
Variación del capital de trabajo	34 826	18 339	14 734	-530	-97
FCE	110 197	125 291	232 979	352 894	360 195

Tabla 6.32 Flujo de caja financiero (S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos					
Utilidad neta del GPE	98 422	99 895	208 186	317 916	329 024
Depreciación y amortización	30 888	30 888	30 888	28 722	28 722
FGO	129 310	130 784	239 075	346 638	357 746
Egresos					
Variación del capital de trabajo	69 126	87 466	102 200	101 670	101 574
FCO	60 184	43 318	136 875	244 968	256 172
Amortización de las deudas	10 549	46 382	26 221	30 381	35 200
FCF	49 635	-3 064	110 654	214 587	220 971

6.4.7. Indicadores de rentabilidad

A partir de los estados económicos y financieros, se obtienen los indicadores de rentabilidad. El valor actual neto económico y la tasa interna de retorno económica se presentan en las tablas 6.33 y 6.34 respectivamente. Así como el valor actual neto financiero y la tasa interna de retorno financiera se presentan en las tablas 6.35 y 6.36 respectivamente.

6.4.7.1. **Indicadores económicos** El proyecto se considera rentable al obtener un VAN >0 y un TIR $>$ tasa de descuento (25 %). Se muestran los resultados en las tablas 6.33 y 6.34

Tabla 6.33. Valor Actual Neto económico, considerando una tasa de descuento del 25 %

Año	Flujo
0	-225 021
1	110 197
2	125 291
3	232 979
4	352 894
5	360 195
VANE (25 %)	S/. 325 182

Tabla 6.34. Tasa interna de retorno económico

Año	Flujo
0	-225 021
1	110 197
2	125 291
3	232 979
4	352 894
5	360 195
TIRE (%)	69,48 %

6.4.7.2. **Indicadores financieros** El proyecto se considera rentable al obtener un VAN > 0 y un TIR > costo del capital promedio ponderado (15,52 %). Se muestran los resultados en las tablas 6.35 y 6.36.

Tabla 6.35. Valor Actual Neto, financiero

Año	Flujo
0	-76 288
1	49 635
2	-3 064
3	110 654
4	214 587
5	220 971
VANF (15,52 %)	S/.264 041

Tabla 6.36 Tasa interna de retorno, financiero.

Año	Flujo
0	-76 288
1	49 635
2	-3 064
3	110 654
4	214 587
5	220 971
TIRF (%)	81,19 %

También se calculan otros indicadores como la relación beneficio/costo (B/C) y periodo de recupero. Para el análisis económico se obtuvo una relación beneficio-costo con un valor de 4,59 y un período de recupero de 2 años y 6 meses. Para el análisis financiero se obtuvo una relación beneficio-costo con un valor de 3,65 y un período de recupero de 2 años y 8 meses.

6.4.7.3. Análisis de sensibilidad

En la tabla 6.37 se han calculado los indicadores TIR y VAN tanto económicos como financieros aplicando una disminución en volumen ventas de hasta el 25 %. De la misma forma se calcularon dichos indicadores hasta una disminución del 25 % en el precio de venta. Se obtiene que, en ambos casos el proyecto es rentable hasta una disminución del 15 %.

Tabla 6.37. Análisis de sensibilidad disminuyendo las variables precio de ventas y volumen de ventas

Variable	Indicador de rentabilidad			
	TIRE (%)	VANE (S/.)	TIRF (%)	VANF (S/.)
Disminución del precio de ventas				
10 %	52,9 %	198 469	44,6 %	120 535
15 %	44,2 %	134 547	27,0 %	48 144
20 %	35,3 %	70 626	9,7 %	-24 247
25 %	26,0 %	6 705	-7,8 %	-96 639
Disminución del volumen de ventas				
10 %	53,8 %	205 406	47,2 %	130 679
15 %	45,9 %	146 187	31,1 %	64 771
20 %	37,6 %	86 336	15,1 %	-1 846
25 %	28,9 %	25 900	-1,1 %	-69 114

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

- Se propuso condiciones de operación estandarizadas para el proceso productivo y tecnología de equipos que van a la medida de las necesidades del productor de Azpitia y alrededores.
- Se obtuvo un producto que es competitivo en el mercado por sus características físico-químicas, organolépticas y de salubridad.
- Se logró reducir el tiempo de fermentación alcohólica de aproximadamente 2 semanas a 38 horas debido a que se identificaron la concentración óptima de azúcar inicial del mosto y concentración de levadura inoculada óptima.
- Se logró reducir el tiempo de fermentación acética de aproximadamente 2 meses a 42 horas debido a que se identificaron el grado de acidez total inicial óptima (expresado como ácido acético) y la disposición óptima de ubicación de la madre de vinagre dentro del fermentador acético.
- Las condiciones óptimas de los factores en la fermentación alcohólica son 14 °Bx para azúcar inicial de mosto y 2 gramos de levadura a inocular por litro de mosto.
- Las condiciones óptimas de los factores en la fermentación acética son 3 % de acidez total inicial (expresada como ácido acético) y uso de soporte para madre de vinagre en la interface líquido/gas en el fermentador acético.

- El producto final obtenido en laboratorio con el proceso mejorado cumplió con los estándares exigidos por la NTP 209.020:1970 (revisado el 2012) en los parámetros de acidez total, pH, grado alcohólico, cenizas y densidad.
- Según el estudio de factibilidad técnico - económico, el proyecto es rentable económicamente, con un VANE de S/. 325 182, un TIRE de 69,48 %, relación B/C de 4,59 y período de recupero de 2 años y 6 meses. Así mismo se obtuvo que el proyecto es rentable financieramente, con un VANF de S/. 264 041, un TIRF de 81.19 %, relación B/C de 3,65 y período de recupero de 2 años y 8 meses.
- Según el estudio de factibilidad, el proyecto es rentable tanto económica como financieramente, incluyendo la disminución de hasta 15 % del precio de venta, e incluyendo la disminución de hasta 15 % en los volúmenes de venta.
- La sensibilidad del precio de venta es mayor que la sensibilidad del volumen de ventas, por lo cual se concluye que el precio de venta es la variable con gran influencia en la rentabilidad el proyecto.

CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES GENERALES

- Se deben controlar los parámetros de proceso con instrumentos de análisis fisicoquímico como son los ph-metros digitales, termómetros digitales incorporados y refractómetros digitales.
- Se recomienda la posibilidad de utilizar el método de cultivo sumergido con el uso de biorreactores. Esto con el fin de disminuir aún más los tiempos de ciclo e industrializar a una mayor escala la planta.
- Se puede utilizar los hollejos y mermas del proceso de como fuente de pectinas, lo cual es utilizado para dar consistencia a las mermeladas y a las gelatinas. Así como de la obtención de aceite a partir de la semilla de la manzana.
- Se debe tener especial cuidado en las variaciones del precio de venta del presente proyecto ya que influye de manera significativa en la rentabilidad.
- Se recomienda el desarrollo de productos fermentados a partir de otras frutas y/o productos oriundos del Perú aprovechando las propiedades y beneficios particulares de cada una de ellas.
- Es necesario trabajar este tipo de proyectos conjuntamente con especialistas de ramas de la ciencia anexas a la ingeniería química tales como la microbiología, bioquímica, microeconomía, marketing, estadística aplicada, entre otras. Esto con el fin de plantear propuestas de mejora robustas y aplicables a la realidad socioeconómica nacional.

CAPÍTULO 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración de Alimentos y Medicamentos. (1 de Marzo de 1995). *Inspecciones, Conformidad, Aplicación e Investigaciones Criminales*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074471.htm>
- Aguilar, M. (2007). *Estudio de algunos aspectos de la biología floral en tres cultivares de manzano. Tesis para obtener el grado de Magister en Producción Agrícola por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.*
- Aliaga, T. (1969). *Ensayo de elaboración de jalea y de sidra a partir de manzana no comerciable*. Lima: Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Alvarado, L. (2002). *Eficiencia en el sistema de comercialización de manzana en el valle de Mala. Tesis para obtener el título de Economista por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.*
- Arévalo, R. (1972). *Elaboración de sidra a partir de manzana no comerciable. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.*
- Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados. (Julio de 2015). *Niveles socioeconomicos 2015*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2016, de <http://www.apeim.com.pe/wp-content/themes/apeim/docs/nse/APEIM-NSE-2015.pdf>
- Beech, F. (1972). Cider making and cider research: a review. *Long Ashton Research Station*, 477-491.
- Borzani, W. (2008). *Biotecnología industrial* (Vol. II). Sao Paulo: Edgard Blucher.
- Chipana, L. (s.f.). 8 Ecoferias para visitar Lima. *Diario El Comercio*.
- Clark, D., Wallace, R., & David, J. (1954). Factors affecting the Fermentation of Apple Juice. *Microbiología Aplicada*, 344-348.
- Colmenares, E. (1943). *El cultivo del manzano y especies afines (peral y membrillero)*. Lima: Sección técnica de propaganda agropecuaria.

- Corporación Británica de Radiodifusión. (7 de Febrero de 2014). *BBC Mundo*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2016, de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/02/140204_ciencia_usos_dome sticos_vinagre_np
- Davies, C. (01 de Setiembre de 2015). *Estudio de los procesos biotecnológicos de acetificación para la producción de vinagre de naranja y vinagre de arándanos*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2016, de <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/59399/DAVIES%20-%20Estudio%20de%20los%20procesos%20biotecnol%C3%B3gicos%20de%20acetificaci%C3%B3n%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20vinagre%20d....pdf?sequence=1>
- De Ory, I., Romero, L., & Cantero, D. (2001). *Optimum starting-up protocol of a pilot plant scale acetifier for vinegar production*. Cadiz: Journal of Food Engineering - Elsevier.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. (30 de Mayo de 2016). *Base de datos de Nutrientes Nacionales para el Lanzamiento de la Referencia Estándar 28*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2122?fgcd=&manu=&facet=&format=Full&count=&max=50&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=09003&ds=>
- Diario El Comercio. (30 de Abril de 2015). Recuperado el 7 de Noviembre de 2016, de <http://elcomercio.pe/gastronomia/ferias/8-ecoferias-visitar-lima-noticia-1807846>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (15 de Junio de 2016). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2016, de http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/RM%20615-2003MINSA.pdf
- Duncan, P., & Acton, B. (1991). *Progressive Winemaking*. London: ABC Books UK.
- Empresa de distribución eléctrica Luz del Sur SAA. (4 de Febrero de 2017). *Precios para la venta de energía eléctrica*. Recuperado el 22 de Marzo de 2017, de <https://www.luzdelsur.com.pe/media/pdf/tarifas/TARIFAS.pdf>
- Engel, S. (2014). The reference Genome Sequence of *Saccharomyces cerevisiae*: Then and Now. *G3 Genes Genomes Genetics*, 389-398.

- Erazo, R., Reyna, L., Robles, R., & Huamán, M. (2001). Producción de vinagre de manzana por fermentación a escala piloto. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 67-72.
- Estela, W., Melzoch, K., Sakoda, B., & Rychtera, M. (2011). Efecto de la aireación en la actividad fermentativa de *Saccharomyces cerevisiae* cultivado en jugo de manzana. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 11.
- Fernández, E. (8 de Julio de 2011). *Proceso de elaboración de azúcar*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://pomalcahistoriaydulcetradicion.blogspot.pe/2011/07/proceso-de-elaboracion-del-azucar.html>
- Figueroa, C. (2001). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de manzano, valle de Mala. Trabajo Monográfico para obtener el título de Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima*.
- Figueroa, R. (1996). *EL cultivo del manzano en el Perú*. Lima: FIESSA.
- Google. (31 de Enero de 2017). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth: <https://www.google.com.pe/maps/place/Azpitia,+Santa+Cruz+de+Flores/@-12.5877459,-76.6258484,289m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91057a68900b6737:0x48e24361e7b8d8c0!8m2!3d-12.588281!4d-76.6224981>
- Google. (2 de Febrero de 2017). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/maps/place/Azpitia,+Santa+Cruz+de+Flores/@-12.6262321,-76.6598583,13.25z/data=!4m5!3m4!1s0x91057a68900b6737:0x48e24361e7b8d8c0!8m2!3d-12.588281!4d-76.6224981>
- Guinea, E. (1957). *Manzanas de España*. Madrid: Tipografía artística S.A.
- Hatta, B. (1993). *Cartilla de elaboración de vinos y vinagres de frutas*. Lima: INIA UNALM.
- Hosaka, R., Rojo, G., Tamariz, C., & Zavala, J. (2000). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de vinagre de piña para el mercado de Lima Metropolitana. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). *Tasa de crecimiento de la población por departamento*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2016, de

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib0015/cap-52.htm

- Jiménez, L. (1986). *Rentabilidad y perspectiva del manzano "Delicious de Viscas" en el valle de Mala. Tesis para obtener el título de Economista por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.*
- Johnson, A., & Peterson, M. (1974). *Encyclopedia of Food technology* (Vol. II). Connecticut: The AVI publishing Co Inc.
- Johnston, C., & Gaas, C. (2006). *Vinegar: Medicinal Uses and Antglycemic Effect.* Arizona: Medscape General Medicine.
- Juscafresa, B. (1968). *El peral y el manzano.* Barcelona: Urpi.
- Labbé, M. (2007). *Tratamientos postfermentativos del vinagre: conservación en botella, envejecimiento acelerado y eliminación de plomo. Tesis para obtener el grado de Doctor por la Universidad Rovira i Virgili - Tarragona.*
- Laboratorio Nórdico de Alimentos. (28 de Marzo de 2012). *Vinagre: Del método Órleans a los experimentos de laboratorio de alimentos.* Recuperado el 02 de Octubre de 2016, de <http://nordicfoodlab.org/blog/2012/03/vinegar-from-the-orleans-method-to-food-lab-experiments>
- Lea, A. (01 de Marzo de 2013). *Elaboración de sidra a pequeña escala.* Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de <http://www.cider.org.uk/content2.htm>
- León, A. (1955). *Manual de agricultura* (Primera ed., Vol. IV). Barcelona: Salvat Editores S.A.
- Llaguno, C., & Polo, C. (1991). *EL vinagre del vino.* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- López, A. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas.* Roma: FAO.
- López, M. (2007). *Planta de producción de vinagre de miel. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico por la Universidad de Cádiz - Cádiz.*
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (25 de Junio de 2009). *Reportes Estadísticos de Turismo.* Recuperado el 14 de Diciembre de 2016, de Mincetur: <http://www.mincetur.gob.pe/turismo/reportes-estadisticos-de-turismo/>

- Ministerio de la Presidencia de España. (8 de Diciembre de 1993). *Boletín Oficial del Estado*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2016, de <https://www.boe.es/boe/dias/1993/12/08/pdfs/A34764-34768.pdf>
- Montero, R. (1965). *El manzano*. Buenos Aires: Atlántida.
- Nelson, D., & Cox, M. (2009). *Lehninger- Principios de Bioquímica*. Barcelona: Ediciones Omega S.A.
- Neyra , H. (1990). *Obtención de vinagre tinto a partir de beterraga (Beta vulgaris). Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (30 de Julio de 1987). *Alimentos Argentinos*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/162-1987.PDF
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2010). *Codex Stan 299*. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (01 de Julio de 2016). *Información sobre la categoría de alimentos - vinagre*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2016, de <http://www.fao.org/gsfaonline/foods/details.html?id=194#ftn>
- Parmar, I., & Rupasinghe, V. (2013). Bio-conversion of apple pomace into ethanol and acetic acid: Enzymatic hydrolysis and fermentation. *Biosource technology*, 613-620.
- Pirt, S. (1975). *Principles of microbe and cell cultivation*. New York: Wiley.
- Puga, R. J. (2015). *Análisis de los factores que influyen en el cultivo de manzano en el valle de Mala. Tesis para obtener el título de Ingeniero agrícola por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima*.
- Registro Nacional de Identificación y Estado Civil. (31 de Diciembre de 2015). *Información Estadística*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de <http://portales.reniec.gob.pe/web/estadistica/identificada>
- Reguera, G. (27 de 01 de 2017). *Manzana deliciosa - General Roca*. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de

<https://www.welcomeargentina.com/generalroca/imagenes/manzana-756.html>

- Rodríguez, R. (2005). *El cultivo del manzano en el Perú*. Lima: INIA.
- Rotter, B. (2004). *Hidrómetro, azúcar y tablas de alcohol*. Recuperado el 1 de Octubre de 2016, de <http://www.brsquared.org/wine/CalcInfo/HydSugAl.htm>
- Runciman, L. (2006). *Elaboración de una bebida alcohólica fermentada a partir de manzana delicia de viscas (malus domestica)*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.
- Salazar, C. (1978). *Estudio de la extracción y almacenaje de pulpa y elaboración de néctar de manzana (Malus sylvestris Mill)*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.
- Sengun, I., & Karabiyiqi, S. (2011). Importance of acetic acid bacteria in food industry. *Food Control*, 647-656.
- Soo Park, Y., Ohtake, H., & Toda, K. (1988). Acetic Acid production using a fermentor equipped with a hollow fiber filter module. *Biotechnology and bioengineering Vol 3 1989*, 918-923.
- Tokashiki, L., & Huayta, F. (1994). *Producción de alcohol etílico y vinagre a partir de la fermentación bacteriana del platano*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico por la Universidad Nacional de Ingeniería- Lima.
- Varnam, A. (1997). *Bebidas-Tecnología Química y Microbiología*. Zaragoza: Acribia.
- Velazco, G. (2007). *El perfil del productor manzanero en el departamento de Lima*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Gestión Empresarial por la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima.
- Wade, L. (2012). *Química Orgánica*. México D.F.: Pearson.
- Ye, M., Yue, T., & Yuan, Y. (2014). Effects of sequential mixed cultures of *Wickerhamomyces anomalus* and *Saccharomyces cerevisiae* on apple cider fermentation. *FEMS Yeast Research*, 873-882.
- Yetiman, A., & Kesmen, Z. (2015). Identification of acetic acid bacteria in traditionally produced vinegar and mother of vinegar by using different molecular techniques. *International Journal of Food Microbiology*, 9-16.

CAPÍTULO 10. ANEXOS

Anexo 1: Encuesta de consumo de vinagre de fruta. (Hosaka *et al.*, 2000)

1. ¿Actualmente, compra usted vinagre de fruta?
 - a) Si
 - b) No

2. ¿Habitualmente donde los compra?
 - a) Supermercado
 - b) Bodega
 - c) Mercado
 - d) Otro lugarEspecifique: _____

3. Habitualmente, ¿Qué tipo de vinagre compra? Si es blanco o fruta ¿Qué marca?
 - a) Tinto
 - B) Blanco
 - C) Fruta
 - D) Otro. Especifique: _____

4. ¿Con qué frecuencia lo compra?
 - A) Semanalmente
 - B) Quincenalmente
 - C) Mensualmente
 - D) Más

5. ¿En cuál presentación?
 - Botella de $\frac{1}{4}$
 - B) Botella de $\frac{1}{2}$,

6. ¿Cuántas botellas compra?
 - A)1
 - B)2
 - C) Más.

7. ¿Ha consumido alguna vez vinagre de fruta?
 - A) Si
 - B) No

8. ¿Cuál te parece mejor otro o el de fruta?
 - A) Otro
 - B) Manzana
 - C) Igual ¿Por qué?

9. ¿Compraría usted vinagre de fruta?
 - A) Sí
 - B) No

Anexo 2 Resultados de encuesta – pregunta 1 (Hosaka et al., 2000)

Pregunta 1: Compra vinagre

Respuesta	Encuestados	Porcentaje (%)
Si	360	92
No	32	8
Total	392	100

Anexo 3 Resultados de encuesta – pregunta 4, 5 y 6 (Hosaka et al., 2000)

Pregunta 4,5 y 6: Consumo de vinagre según tipos

Tipo de vinagre	Unidad	Frecuencia de compra				Total (unidad/mes)
		Sem.	Quince.	Mensual	Bimen.	
Vinagre de tinto	Botella de ¼ L	6	32	29	6	120
	Botella de ½ L	9	61	58	17	224,5
Vinagre blanco	Botella de ¼ L	7	33	24	10	123
	Botella de ½ L	13	82	83	40	319
Vinagre de fruta	Botella de ¼ L	-	-	-	-	0
	Botella de ½ L	-	8	11	2	28
Vinagre especiales	Botella de ¼ L	-	-	8	-	8
	Botella de ½ L	-	4	-	4	10

Anexo 4. Resultados de encuesta – pregunta 9 (Hosaka et al., 2000)

Pregunta 9: Disposición a la compra de vinagre de fruta

	Compran vinagre		No compran vinagre		Total	
	Encuestados	Porcentaje (%)	Encuestados	Porcentaje (%)	Encuestados	Porcentaje (%)
Si	163	45	7	2	345	88
No	197	55	25	6	47	12
Total	360	100	32	8	392	100

Anexo 5 Cálculo del consumo anual promedio por cada unidad

Se tiene en cuenta que el 92 % de familias compran vinagre y que existe 316 382 familias del sector A y B1 en Lima Metropolitana:

→ 291 071 familias compran vinagre

A partir del anexo 3

Consumo de vinagre Tinto

$$\frac{120 \text{ botellas de } 250 \text{ mL}}{360 \text{ familias } \times \text{ mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 291\,071 \text{ familias}$$

$$= 1\,164\,285 \frac{\text{botellas de } 250 \text{ mL}}{\text{año}}$$

$$\frac{225 \text{ botellas de } 500 \text{ mL}}{360 \text{ familias } \times \text{ mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 291\,071 \text{ familias}$$

$$= 2\,178\,183 \frac{\text{botellas de } 500 \text{ mL}}{\text{año}}$$

Entonces:

$$\text{Consumo anual} = 1\,164\,285 \frac{\text{botellas de } 250 \text{ mL}}{\text{año}} + 2\,178\,183 \frac{\text{botellas de } 500 \text{ mL}}{\text{año}}$$

$$= 1\,380\,163 \frac{\text{Litros}}{\text{año}}$$

Para los demás vinagres, se realiza el mismo procedimiento.

Anexo 6: Análisis FODA para la organización productora de vinagre de manzana

Fortalezas

- Cuenta con personal capacitado en el proceso productivo...(Producción y control)
- Presenta una organización sencilla que permite la rápida toma de decisiones...(Producción y control)
- Empleo de un canal de distribución corto, que permite tener un mayor control sobre el producto...(Producción y control)
- Produce un bien de consumo con características estandarizadas...(Calidad)
- Implementa sistemas de control de calidad del producto...(Calidad)
- Proceso productivo optimizado a bajo costo de producción...(Económico)
- Busca crear un ambiente de trabajo que favorezca a la motivación y al desarrollo del personal...(Social)

Debilidades

- Utiliza un proceso productivo conocido...(Producción y control)
- Ofrece un solo producto...(Producción y control)
- Carece de record bancario...(Económico)
- Cuenta con poca experiencia comercial...(Social)
- Carece de imagen de marca...(Social)

Oportunidades

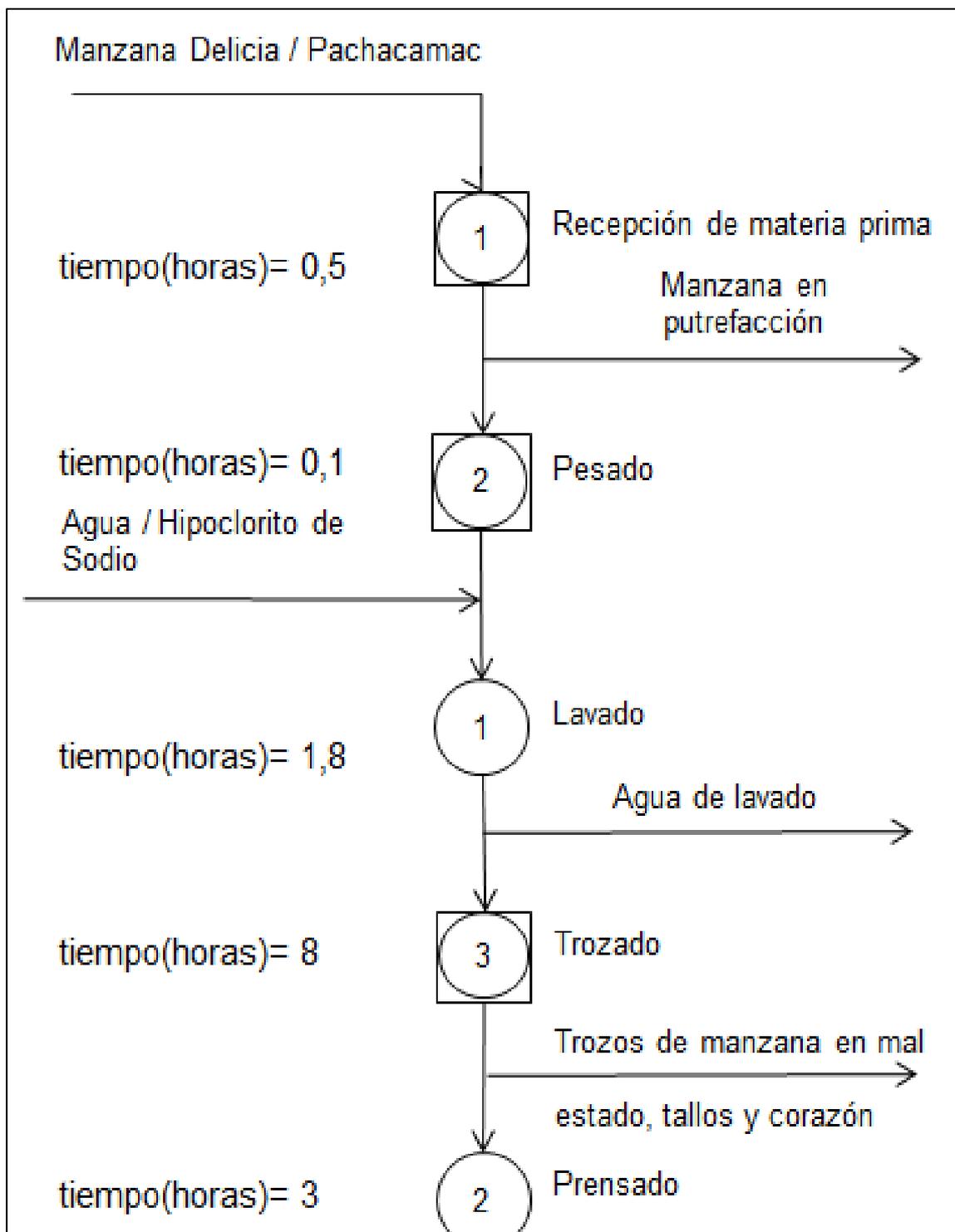
- Disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada...(Producción y control)
- Empresa nacional líder en el mercado de vinagre presenta problemas por baja calidad de productos...(Calidad)
- Información conocida sobre las necesidades del consumidor a través de potenciales clientes cocineros...(Calidad)

- Disponibilidad y bajo costo de materia prima, debido a la merma obtenida inherente a la producción de manzanas...(Económico)
- Bajo costo de mano de obra...(Económico)
- Fomento de la pequeña y mediana industria (PYME) por parte del estado peruano...(Económico)
- Crecimiento sostenido del negocio gastronómico peruano en la última década...(Social)
- Ausencia de un vinagre de manzana exclusivo al mercado culinario de alta cocina...(Social)

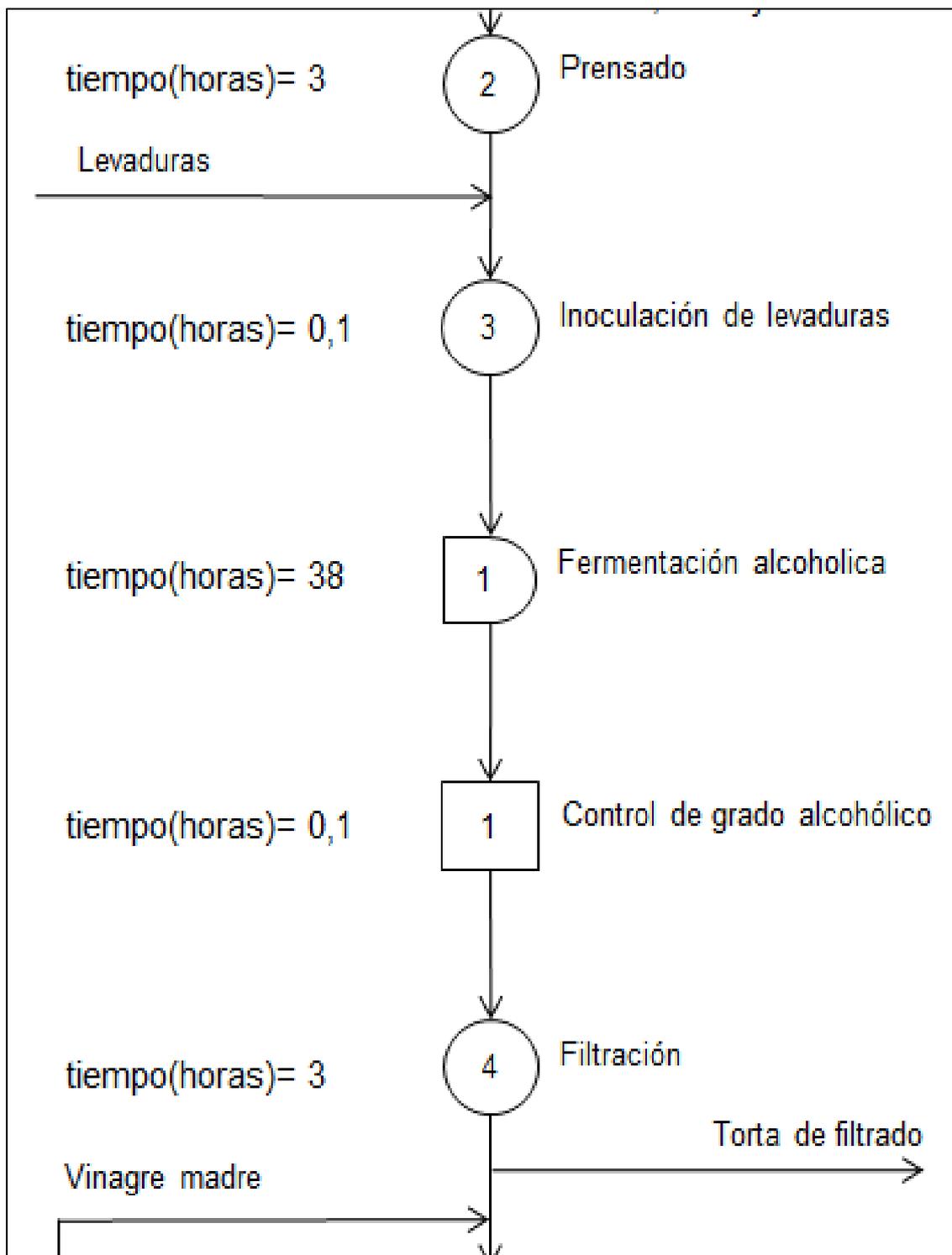
Amenazas

- Ausencia de equipos y maquinarias con capacidad igual al de nuestro tamaño de planta...(Producción y control)
- Escasez en el mercado de bacterias acéticas...(Producción y control)
- Aumento del costo de insumos importados...(Económico)
- Acceso limitado a fuentes de financiamiento por falta de credibilidad financiera...(Económico)
- Ausencia de información estadística actualizada...(Económico)
- Incremento de las importaciones de vinagre e ingreso de nuevos competidores...(Económico)
- Reacción del líder y de los demás competidores...(Social)
- Pérdida de capacidad de compra de los consumidores...(Social)

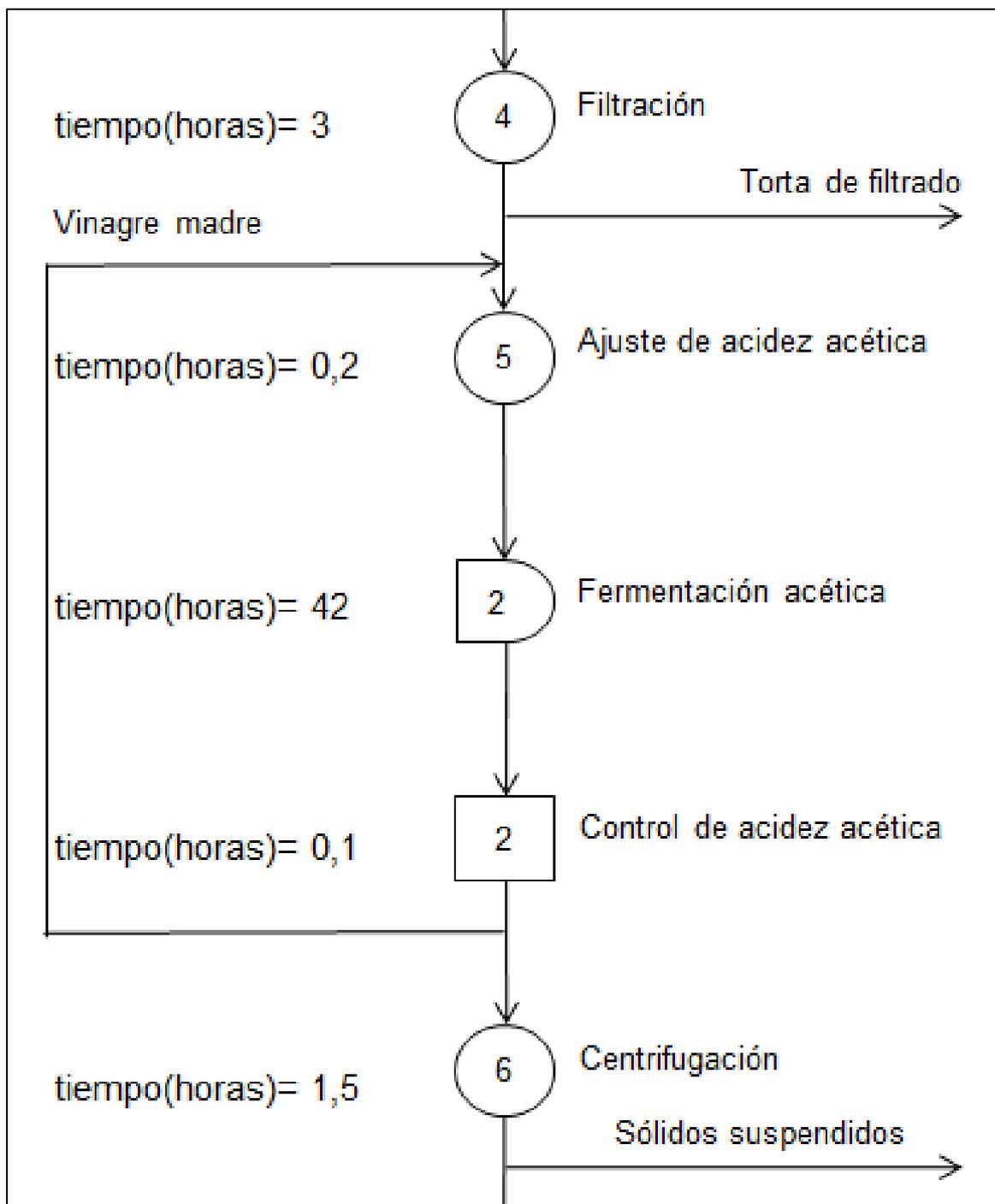
Anexo 7. Diagrama de operaciones para la producción de vinagre de manzana



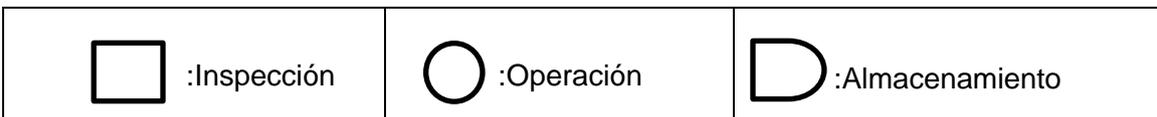
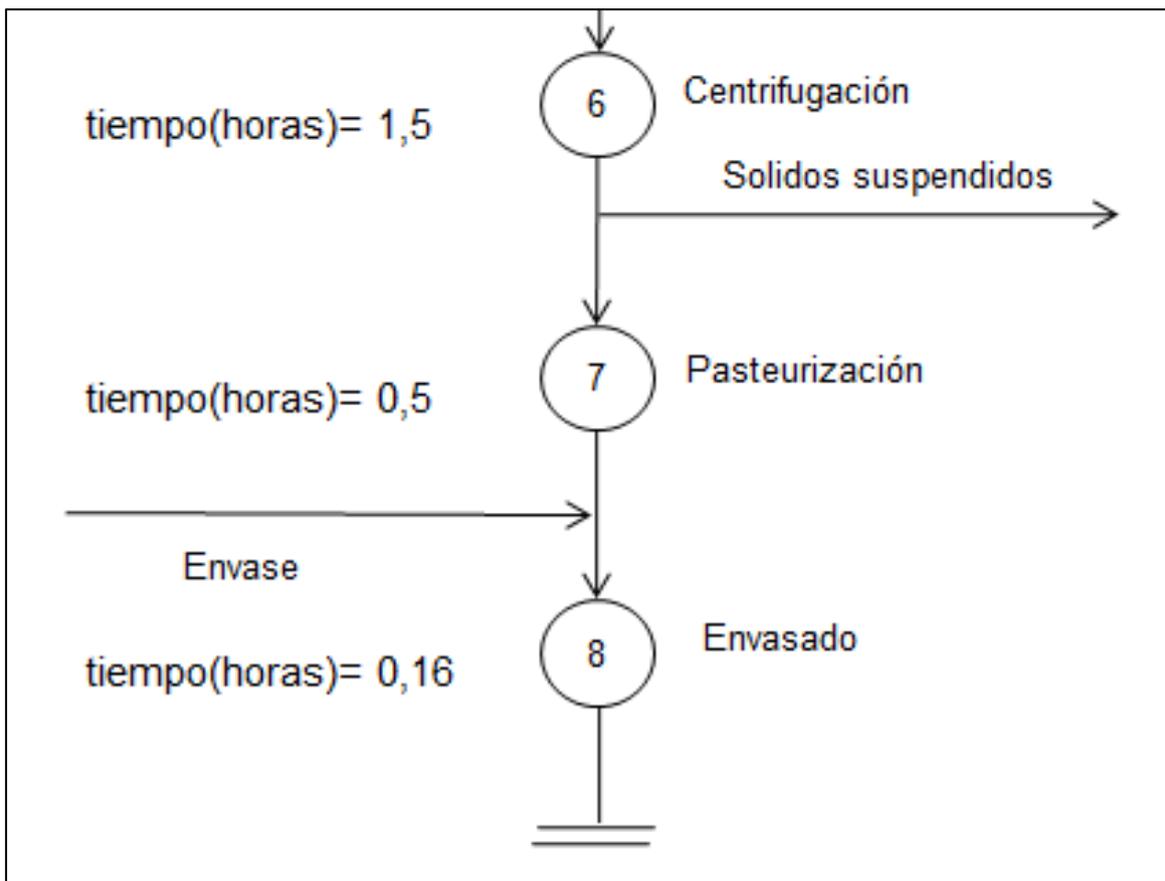
Anexo 7. Diagrama de operaciones para la producción de vinagre de manzana



Anexo 7. Diagrama de operaciones para la producción de vinagre de manzana



Anexo 7. Diagrama de operaciones para la producción de vinagre de manzana



Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 8. Presupuesto de compras (S/.)

			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Producción	Botellas		54 757	52 286	65 934	78 820	79 758
Manzana							
Rendimiento	kg/botella	1,06					
Inventario inicial	kg						
Consumo	kg		58 261	55 632	70 153	83 863	84 862
Inventario final	kg						
Compras	kg		58 261	55 632	70 153	83 863	84 862
Precio	soles/kg	0,2					
Valor de compra	soles		11 652	11 126	14 031	16 773	16 972
Levaduras							
Rendimiento	kg/botella	0,001					
Inventario inicial	kg			5.5	7.0	8.4	8.5
Consumo	kg		70	67	84	100	101
Inventario final	kg		5.5	7.0	8.4	8.5	8.5
Compras	kg		75	68	85	100	101
Precio	soles/kg	12,87					
Valor de compra	soles		968	875	1 098	1 292	1 307
Envase							
Rendimiento	envase/botella	1,0					
Inventario inicial	envase			4 357	5 494	6 568	6 646
Consumo	envase		54 757	52 286	65 934	78 820	79 758
Inventario final	envase		4 357	5 494	6 568	6 646	6 647
Compras	envase		59 114	53 423	67 007	78 898	79 758
Precio	soles/envase	0,25					
Valor de compra	soles		15 021	13 575	17 027	20 048	20 266
Caja de cartón							
Rendimiento	caja/botella	0,167					
Inventario inicial	cajas			726	916	1 095	1 108
Consumo	cajas		9 126	8 714	10 989	13 137	13 293
Inventario final	cajas		726	916	1 095	1 108	1 108
Compras	cajas		9 852	8 904	11 168	13 150	13 293
Precio	soles/caja	0,34					

Valor de compra	soles	3 341	3 020	3 788	4 460	4 508
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Lejía

Rendimiento	litro/botella	0,005				
Inventario inicial	Litro		23	29	35	35
Consumo	Litro	291	278	351	419	424
Inventario final	Litro	23	29	35	35	35
Compras	Litro	314	284	356	420	424
Precio	soles/Litro	4,00				
Valor de compra	soles	1 258	1 137	1 426	1 679	1 697

Vinagre 1er lote

Rendimiento	litro/botella	1,6				
Inventario inicial	Litro					
Consumo	Litro	252				
Inventario final	Litro					
Compras	Litro	252				
Precio	soles/Litro	4,00				
Valor de compra	soles	1 009				

Anexo 9. Consumo de materia prima, insumos y materiales (S/.)

Consumo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Vinagre 1er lote	1 009	0	0	0	0
Manzana	11 652	11 126	14 031	16 773	16 972
Levaduras	897	857	1 080	1 291	1 307
Envase	13 914	13 286	16 754	20 028	20 266
Caja de cartón	3 095	2 955	3 727	4 455	4 508
Lejía	1 165	1 113	1 403	1 677	1 697
Total	30 723	29 337	36 994	44 224	44 751

Anexo 10. Presupuesto de mano de obra directa (S/.)

Operario	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	sol 1000					
Remuneración por operario	sol	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Gratificaciones por operario	16,67 %	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Total remuneración y gratificaciones	sol	14 000	14 000	14 000	14 000	14 000
Aportaciones por operario	9 %	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080
Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	sol	15 080	15 080	15 080	15 080	15 080
CTS	8,33 %	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Total	sol	16 080	16 080	16 080	16 080	16 080
Número de personas		5	5	5	5	5
Total	sol	80 400				

Anexo 11. Presupuesto de mano de obra indirecta (S/.)

Laboratorista	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	sol 1 500					
Remuneración por operario	sol	18 000	18 000	18 000	18 000	18 000
Gratificaciones por operario	16,67 %	3 001				
Total remuneración y gratificaciones	sol	21 001	21 001	21 001	21 001	21 001
Aportaciones por operario	9 %	1 620				

Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	sol		22 621	22 621	22 621	22 621	22 621
CTS	8,33 %		1 499	1 499	1 499	1 499	1 499
Total	sol		24 120	24 120	24 120	24 120	24 120
Número de personas			1	1	1	1	1
Total	sol		24 120	24 120	24 120	24 120	24 120
Supervisor	Unidades		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	sol	2000					
Remuneración por operario	sol		24 000	24 000	24 000	24 000	24 000
Gratificaciones por operario	16,67 %		4 001				
Total remuneración y gratificaciones	sol		28 001	28 001	28 001	28 001	28 001
Aportaciones por operario	9 %		2 160				
Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	sol		30 161	30 161	30 161	30 161	30 161
CTS	8,33 %		1 999	1 999	1 999	1 999	1 999
Total	sol		32 160	32 160	32 160	32 160	32 160
Número de personas			1	1	1	1	1
Total	sol		32160	32160	32160	32160	32160
Total			56 280	56 280	56 280	56 280	56 280

Anexo 12. Presupuesto de servicios (S/.)

Unidades		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía eléctrica						
Consumo	kw	6 232	6 147	6 618	7 063	7 095
Costo unitario	(S./)Kw	0,35				
Valor	(S/.)	2 181	2 151	2 316	2 472	2 483
Agua						
Consumo	m3	748	748	748	748	748
Costo unitario	(S./)/m3	2,975				
Valor	(S/.)	2 225	2 225	2 225	2 225	2 225
Total	(S/.)	4 406	4 376	4 541	4 697	4 708

Fuente: Empresa de distribución eléctrica Luz del Sur SAA (2017)

Anexo 13. Presupuesto de gastos de depreciación (S/.)

Unidades		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Vehículo	(S/.)	50 000				
Depreciación	20 %		10 000	10 000	10 000	10 000
Maquinaria y equipos de planta	(S/.)	63 220				
Depreciación	10 %		6 322	6 322	6 322	6 322
Instrumentos de laboratorio	(S/.)	2 000				
Depreciación	20 %		400	400	400	400
Muebles y enseres	(S/.)	5 000				
Depreciación	10 %		500	500	500	500
Toldo	(S/.)	30 000				
Depreciación	20 %		6 000	6 000	6 000	6 000
Total	(S/.)		23 222	23 222	23 222	23 222

Anexo 14. Presupuesto de costos indirectos de fabricación (S/.)

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de obra indirecta	(S/.)	56 280	56 280	56 280	56 280	56 280
Servicios	(S/.)	4 406	4 376	4 541	4 697	4 708
Gasto de depreciación	(S/.)	23 222	23 222	23 222	23 222	23 222
Total	(S/.)	83 908	83 878	84 043	84 199	84 210

Anexo 15. Presupuesto de gastos administrativos - sueldos (S/.)

Transportista	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	sol	1 200				
Remuneración por operario	sol	14 400	14 400	14 400	14 400	14 400
Gratificaciones por operario	16,67%	2 400				
Total remuneración y gratificaciones	sol	16 800	16 800	16 800	16 800	16 800
Aportaciones por operario	14%	2 016				
Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	sol	18 816	18 816	18 816	18 816	18 816
CTS	8,33%	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Total	sol	20 016	20 016	20 016	20 016	20 016
Número de personas		1	1	1	1	1
Total	sol	20 016				

Gerente general	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	sol	5 000				
Remuneración por operario	sol	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Gratificaciones por operario	16,67 %	10 002				
Total remuneración y gratificaciones	sol	70 002	70 002	70 002	70 002	70 002
Aportaciones por operario	9 %	5 400				
Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	sol	75 402	75 402	75 402	75 402	75 402
CTS	8,33 %	4 998	4 998	4 998	4 998	4 998
Total	sol	80 400	80 400	80 400	80 400	80 400
Número de personas		1	1	1	1	1
Total	sol	80 400	80 400	80 400	80 400	80 400
Total		100 416	100 416	100 416	100 416	100 416

Anexo 16. Presupuesto de gastos administrativos - amortización depreciación (S/.)

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activo intangible		6 500				
Amortización	33,33 %	2 166	2 166	2 166		
Vehículo	(S/.)	50 000				
Depreciación	10 %	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Muebles y enseres	(S/.)	5 000				
Depreciación	20 %	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Total	(S/.)	7 166	7 166	7 166	5 000	5 000

Anexo 17. Presupuesto gastos administrativos otros (S/.)

	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Alquiler del terreno	S/.	38 796	38 796	38 796	38 796	38 796
Servicio de contabilidad	S/.	120 00	12 000	12 000	12 000	12 000
Servicio de vigilancia	S/.	120 00	12 000	12 000	12 000	12 000
Mantenimiento vehículo	S/.	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600
Combustible	S/.	18 000	18 000	18 000	18 000	18 000
Gastos de representación	S/.	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Utiles de escritorio	S/.	2 400	2 400	2 400	2 400	2 400
Total	S/.	98 796				

Anexo 18. Presupuesto de gastos de ventas -sueldos (S/.)

Encargado de ventas	Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldo mensual	S/.	1 000				
Remuneración por operario	S/.		12 000	12 000	12 000	12 000
Gratificaciones por operario	16,67 %		2 000	2 000	2 000	2 000
Total remuneración gratificaciones	S/.		14 000	14 000	14 000	14 000
Aportaciones por operario	9 %		1 080	1 080	1 080	1 080
Total remuneración, gratificaciones y aportaciones	S/.		15 080	15 080	15 080	15 080
CTS	8,33 %		1 000	1 000	1 000	1 000
Total	S/.		16 080	16 080	16 080	16 080
Número de personas			1	1	1	1
Total	S/.		16 080	16 080	16 080	16 080

Anexo 19. Presupuesto de gastos de ventas - depreciación (S/.)

Unidades		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Muebles y enseres	S/. 5 000					
Depreciación	10 %	500	500	500	500	500
Total	S/.	500	500	500	500	500

Anexo 20. Presupuesto gastos de ventas otros (S/.)

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos de representación	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Útiles de escritorio	700	700	700	700	700
Publicidad y promoción	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Total	12 100				

Anexo 21. Presupuesto de servicios- administración y ventas (S/.)

Unidades		Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
Energía eléctrica						
Consumo	kw	8 518	8 518	8 518	8 518	8 518
Costo unitario	(S./)kw	0,35				
Valor	(S/.)	2 981	2 981	2 981	2 981	2 981
Agua						
Consumo	m ³	26	26	26	26	26
Costo unitario	(S./)m ³	2,975				
Valor	(S/.)	77	77	77	77	77
Telecomunicaciones						
Valor	(S/.)	200	2 400	2 400	2 400	2 400
Total	(S/.)	5 459				

Anexo 22. Flujo de efectivo - Año 1 (S/.)

	Ene	Feb
Ingresos		48 558
Egresos		
Compras de mp e insumos	2 560	2 560
Pago de mano de obra directa	6 700	6 700
Pago de mano de obra indirecta	4 690	4 690
Servicios - producción	367	367
Gastos administrativos	17 593	17 593
Gastos ventas	2 390	2 390
Gastos financieros		
IGV		
Total egresos	34 301	34 301
Saldo de caja del período	-34 301	14 257
Inversión en capital de trabajo	-34 301	

Anexo 23. Cálculo de la variación del capital de trabajo (S/.)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año5
Activo circulante						
Caja-banco	34 301	3 237	3 279	4 152	5 048	5 113
Cuentas por cobrar		49 189	62 286	75 715	76 699	76 699
Inventario de insumos		1 518	1 914	2 288	2 315	2 315
Inventario de producto terminado		15 182	19 987	20 045	17 609	17 447
Total activo circulante	34 301	69 126	87 466	102 200	101 670	101 574
Pasivo circulante						
Proveedores por pagar		0	0	0	0	0
IGV por pagar		0	0	0	0	0
Total pasivo circulante		0	0	0	0	0
Capital de trabajo	34 301	69 126	87 466	102 200	101 670	101 574
Variación del capital de trabajo		34 826	18 339	14 734	-530	-97

**Anexo 24. Rendimientos de etapa de extracción en el proceso artesanal
2015**

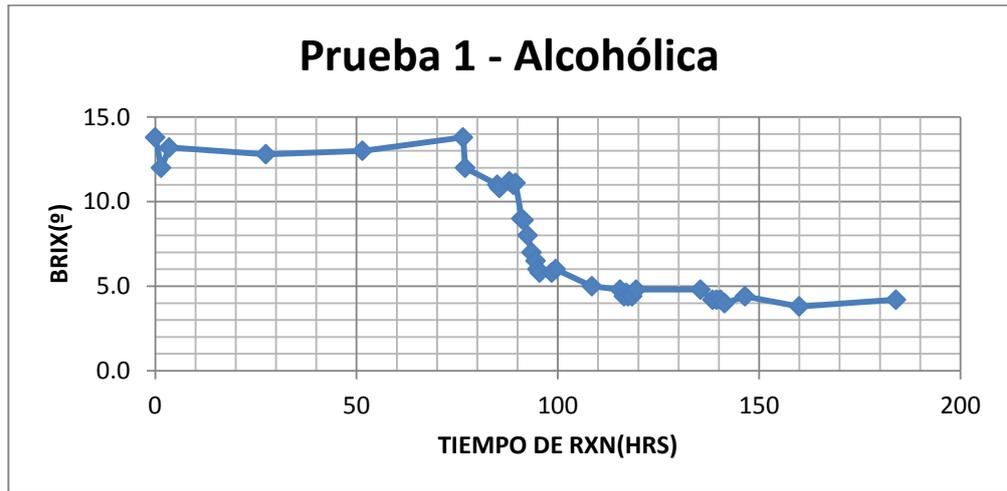
Fecha	Cosecha	Variedad	Porcentajes			
			Cortes	Hollejo	Extracto	Merma
22/01/2015	1	Pachacamac	18 %	33 %	48 %	1 %
01/02/2015	2	Pachacamac	20 %	30 %	49 %	2 %
01/02/2015	2	Delicia	9 %	37 %	53 %	1 %
11/02/2015	3	Pachacamac	19 %	30 %	51 %	1 %
15/02/2015	4	Pachacamac	17 %	28 %	56 %	0 %
15/02/2015	4	Delicia	13 %	31 %	57 %	0 %
21/02/2015	5	Pachacamac	16 %	30 %	51 %	2 %
21/02/2015	5	Delicia	8 %	24 %	65 %	3 %
27/02/2015	6	Pachacamac	20 %	25 %	54 %	1 %
27/02/2015	6	Delicia	12 %	26 %	62 %	0 %
08/03/2015	7	Mixto	19 %	17 %	63 %	1 %
14/03/2015	8	Mixto	19 %	26 %	54 %	1 %
21/03/2015	9	Mixto	19 %	27 %	53 %	1 %
02/04/2015	10	Mixto	21 %	23 %	55 %	0 %
Promedio	-	-	16 %	28 %	55 %	1 %

Anexo 25. Control de % acidez de vinagre en proceso artesanal 2015

Fecha 2015	Inc. 1	Inc. 2	Inc. 3	Inc. 4	Inc. 5
21-feb	0,6	-	-	-	-
08-mar	0,9	0,74	-	-	-
15-mar	1,2	0,95	0,67	-	-
21-mar	1,5	1,09	0,89	-	-
02-abr	2,2	1,58	1,37	0,96	-
01-may	3,0	2,40	2,77	1,94	2,85

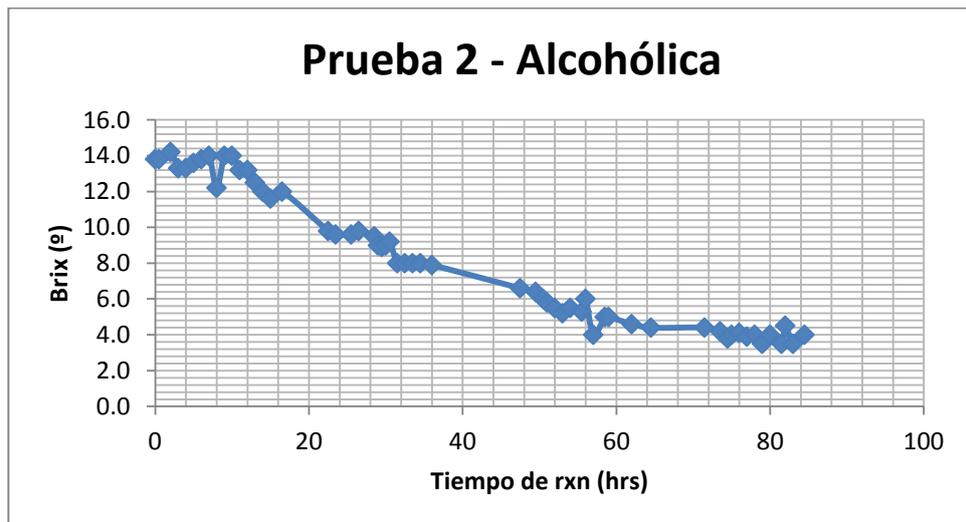
Anexo 26. Corridos experimentales preliminares 2016

**Prueba 1- Cosecha 5 – muestra congelado /con bisulfito/con
pasteurización – fermentación alcohólica.**



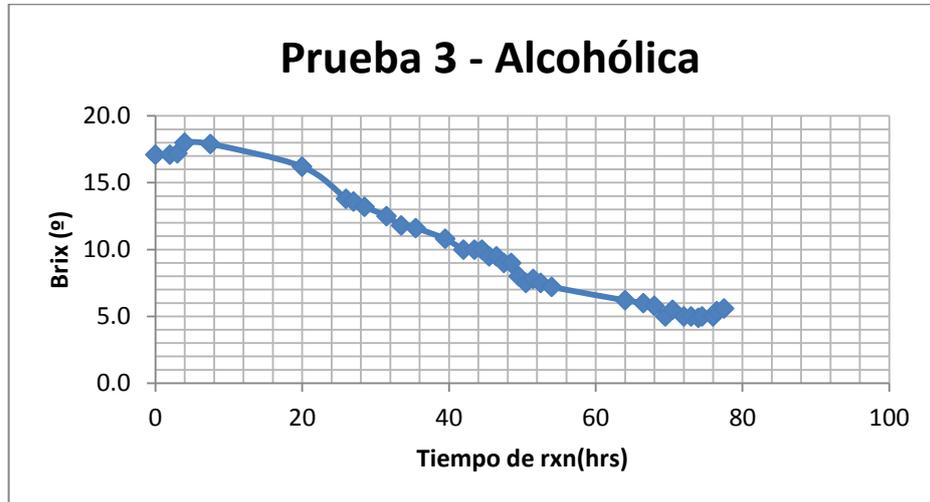
Nota: Tiempo final para culminar la reacción: 140 horas (5 días con 20 horas). Diciembre 2015.

**Prueba 2 cosecha 5 – muestra solo congelado/ sin bisulfito/ sin
pasteurización – fermentación alcohólica.**



Nota: Tiempo final para culminar la reacción: 65 horas (2 días con 17 horas). Febrero 2016.

Prueba 3 - cosecha 3- muestra congelado/ sin bisulfito/con
Pasteurización – fermentación alcohólica.



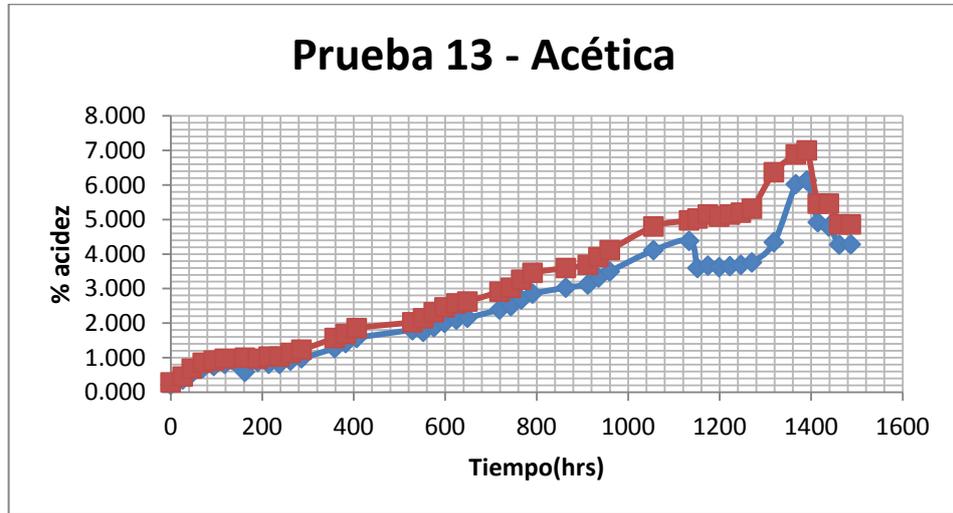
Nota: Tiempo final para culminar la reacción: 70 horas (2 días con 22 horas). Marzo 2016.

Prueba 4 – cosecha 3 – muestra congelado/ con bisulfito/con
pasteurización – fermentación alcohólica.



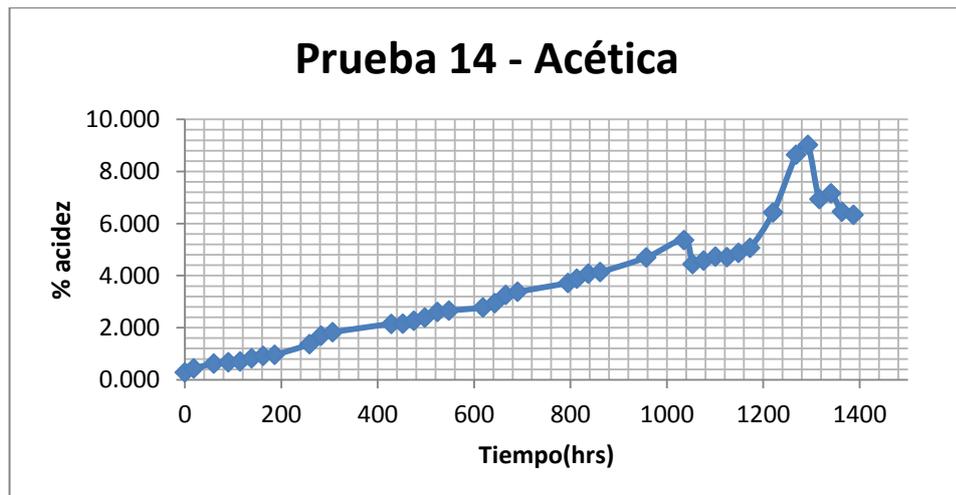
Nota: Tiempo final para culminar la reacción: 56 horas (2 días con 8 horas). Marzo 2016.

**Prueba 13 – cosecha 3 – muestra congelado/ sin bisulfito/sin pasteurización
– fermentación acética.**



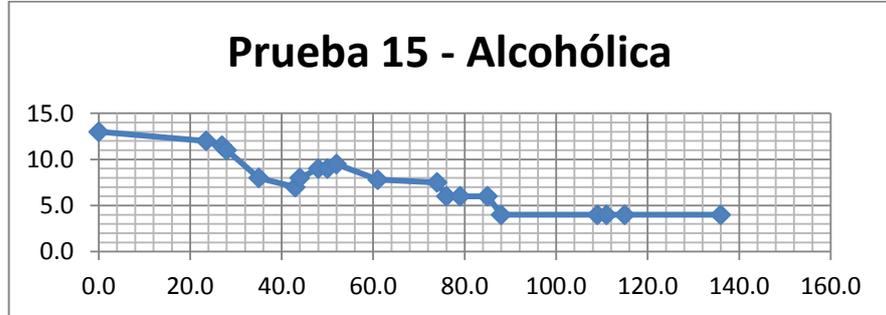
Nota: Rojo con corrección de NaOH. Llegó al 7 % de acidez en 1400 horas de fermentación. Mayo 2016.

**Prueba 14 – cosecha 5- muestra congelado/ con bisulfito/sin pasteurización
– fermentación acética.**



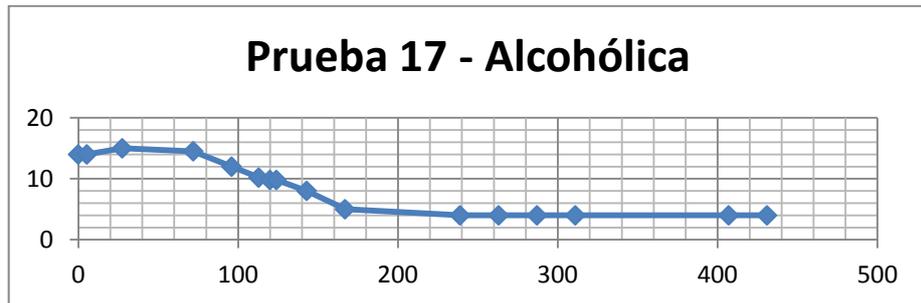
Nota: Conclusión: Llegó al 7 % de acidez en 1400 horas de fermentación. Mayo 2016.

Prueba 15 – cosecha 6 – muestra congelado/ con bisulfito/sin pasteurización – Fermentación alcohólica.



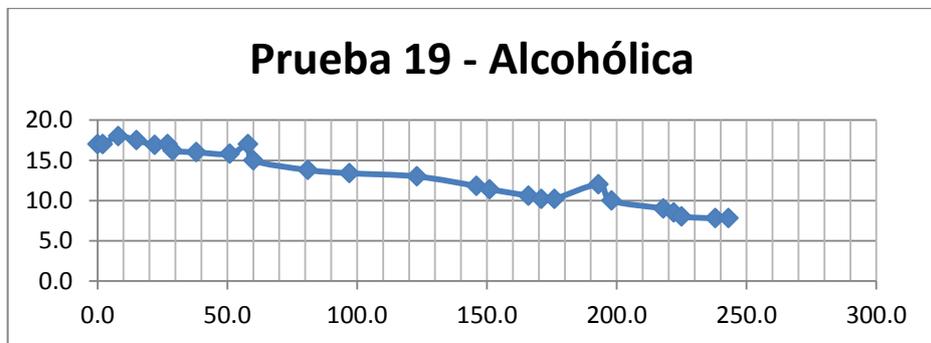
Nota: Descenso a las 25 horas. Agosto 2016.

Prueba 17 – cosecha 7 congelado/ con bisulfito/sin pasteurización – fermentación



Nota: Descenso a las 70 horas. Setiembre 2016.

Prueba 19 Fermentación alcohólica. Delicia



Nota: El descenso se dio en 250 horas. Octubre 2016.

Anexo 27. Resultados de análisis de materia prima y vinagre con método artesanal



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 009656 - 2016

SOLICITANTE : FERNANDO DANIEL DE LA CRUZ ACOSTA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. VICTORIA NAVARRO 131 - CARMEN DE LA LEGUA - CALLAO
RUC: --- **Teléfono:** 949669143

PRODUCTO : VINAGRE
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I
CANTIDAD RECIBIDA : 2382,8 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en botella de vidrio cerrado
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-005249 -2016
REFERENCIA : PERSONAL

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/10/2016
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
ALCANCE : N.A.

ENSAYO	RESULTADO
1.- Acidez Total (g / 100 g de muestra original) (Expresado como ácido acético)	4,18
2.- Cenizas (g / 100 g de muestra original)	0,2
3.- Densidad (a 20°C)	1,0017
4.- Grado Alcohólico(% v/v a 20 °C / 20 °C)	0,0
5.- pH	3,2
6.- Sólidos Solubles(g / 100 g de muestra original)	6,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :
 1.- AOAC 930.35(J) Cap. 43 Ed. 19 Pág. 12 2012
 2.- AOAC 930.35(D) Cap. 43 Ed. 19 Pág. 12 2012
 3.- A. MONTES BROMATOLOGIA BEBID. ALCOHOLI. 1981
 4.- AOAC 930.35(Q) Cap. 43 Ed. 19 Pág. 13 2012
 5.- AOAC 960.19 Cap. 28 Ed. 19 Pág. 9 2012
 6.- NTP 203.072 (Revisado 2012) 1977

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 05/10/2016 Al 12/10/2016.

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 009656 - 2016

Pág 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Pagina Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 009656 - 2016

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 12 de Octubre de 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM.
Cecilia Arnedo
X Ing. Mg. Sc. Cecilia Arnedo
DIRECTORA TÉCNICA
CIP. N° 185515



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 009657 - 2016

SOLICITANTE : FERNANDO DANIEL DE LA CRUZ ACOSTA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. VICTORIA NAVARRO 131 - CARMEN DE LA LEGUA - CALLAO
RUC: --- Teléfono: 949669143
PRODUCTO : MANZANA AZPITIA
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I
CANTIDAD RECIBIDA : 1394,6 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada a temperatura ambiente.
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-005248 -2016
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/10/2016
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : 10 Días, a partir de la fecha de recepción.

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYO	RESULTADO
1.- Azúcares Totales (g / 100 g de muestra original)	11,0
2.- Sólidos Totales / Humedad (g / 100 g de muestra original)	20,3 / 79,7

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- NTP 209.173 1999
- 2.- NTP 203.071 1977

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 05/10/2016 Al 12/10/2016.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 12 de Octubre de 2016



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM.

Cecilia Alejandra Arnedo
X Ing. Mg. Sc. Cecilia Alejandra Arnedo
DIRECTORA TÉCNICA
CIP. N° 185515

Pág 1/1

Anexo 28. Resultados de análisis de vinagre con método optimizado



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 001101-2017

SOLICITANTE : DE LA CRUZ ACOSTA FERNANDO DANIEL
DIRECCIÓN LEGAL : JR. VICTORIA NAVARRO NRO. 131- A.H. VILLA SR. DE LOS MILAGROS PROV. CONST. DEL CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO
RUC: 10460828088 Teléfono: 949669143

PRODUCTO : VINAGRE MANZANA AZPITIA FINAL

NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : PRUEBA FINAL FEBRERO 2017
CANTIDAD RECIBIDA : 2370,1 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio sellada
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-000666-2017
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 08/02/2017
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERIODO DE CUSTODIA : No aplica.

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1 - Acidez Total (g/100 g de muestra original) (expresado como ácidos acético)	4,12
2 - Cenizas (g/100 g de muestra original)	0,2
3 - Grado Alcohólico (% v/v a 20°C / 20°C)	0,0
4 - pH	3,2
5 - Densidad (Kcal/100 g de muestra original)	1,0007
6 - Sólidos Solubles (g/100 g de muestra original)	3,8

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:
1.- AOAC 930.35 (J) Cap. 43, Pág. 12, 19th Edition 2012
2.- AOAC 930.35 (D) Cap. 43, Pág. 12, 19th Edition 2012
3.- AOAC 930.35 (Q) Cap. 43, Pág. 13, 19th Edition 2012
4.- AOAC 990.19 Cap. 26, Pág. 9, 19th Edition 2012
5.- A. Montos Bromatología. Bebidas Alcohólicas 1991
6.- NTP 203.072:1977 (Revisada al 2012)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 08/02/2017 Al 13/02/2017.

ADVERTENCIA:
1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
3.- Valido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
La Molina, 13 de Febrero de 2017



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Dirección Técnica

Alejandra Sotelo Méndez

Ing. Mg. Sc. Alejandra Sotelo Méndez
DIRECTORA EJECUTIVA (e)
CIP. N° 112405

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Anexo 29. Métodos y normas para el análisis fisicoquímico del vinagre**1. Cenizas (g/100 g de muestra original) A.O.A.C 930.35(D) Cap. 43 Ed 19 Pág. 12 2012**

Medir 25 mL de producto en un platillo pesado de platino, evaporar a sequedad en agua o en baño de vapor y calentar en la mufla por 30 minutos a 500 °C - 550 °C. Disolver la masa carbonizada en un platillo de platino, añadir agua caliente, filtrar las cenizas en un papel de filtro y lavar a fondo con H₂O. Regresar el papel y su contenido al plato, secar, y calentar por 30 minutos a aproximadamente 525 °C, o hasta que todo el carbono se queme. Añadir el filtrado, evaporar a sequedad y calentar por 15 minutos a 525 °C. Enfriar en desecador y pesar (peso x). Volver a calentar por 5 minutos a 525 °C y enfriar casi por 1 h en un desecador que contiene un desecante eficiente. Colocar 1 ó 2 platos (preferiblemente sólo 1) en un desecador a la vez. Colocar el peso x en el platillo de la balanza antes de retirar el platillo del desecador y pesar rápidamente en mg. Calcular cenizas totales desde con este último peso.

2. Acidez Total (g/100g de muestra original) (Expresado como ácido acético) A.O.A.C 930.35 (J) Cap. 43 Ed 19 Pág. 12 2012

Diluir 10 ml muestra de ensayo con agua recién hervida y enfriada hasta que se colorea ligeramente y titular con 0,5 M de álcali, usando fenolftaleína. 1 ml 0,5 M de álcali= 0,0300 g CH₃COOH.

3. Grado alcohólico (%v/v a 20°C /20°C) A.O.A.C 930.35 (Q) Cap. 43 Ed 19 Pág. 13 2012

Determinación de alcohol

Pesar 100ml de muestra en un balón de destilación. Preparar cuidadosamente solución de NaOH (1+1), destilar al menos 50 ml, diluir a 50 ml a la temperatura de la muestra, y determinar gravedad específica a 20/20 °C con un picnómetro según 945.06C (ver 26.1.06). Obtener el % en volumen de 913.02 (ver Apéndice C). La espuma se debe evitar añadiendo un poco de parafina, libre de componentes volátiles.

4. A.O.A.C 960.19 Cap. 28 Ed. 19 Pág. 9 2012 28.1.28 - pH en vinos

Calibrar los electrodos de vidrio y calomel del pHmetro antes de utilizarlo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Verificar el pH-metro con solución acuosa de bitartrato de potasio recién preparado y fresco, 964.24 (b) (ver A10.04). Ajustar el pH-metro para leer 3,55 a 20°C, 3,56 a 25°C o 3,55 a 30°C

5. Sólidos solubles (g/100g de muestra original) NTP 203.072 (Revisado 2012) 1977 - INACAL

Los sólidos solubles se expresan en grados Brix, o en porcentaje en masa de sólidos solubles, y se obtiene para jugos de frutas, jugo de tomate, salsas y otros vegetales colados de la siguiente manera:

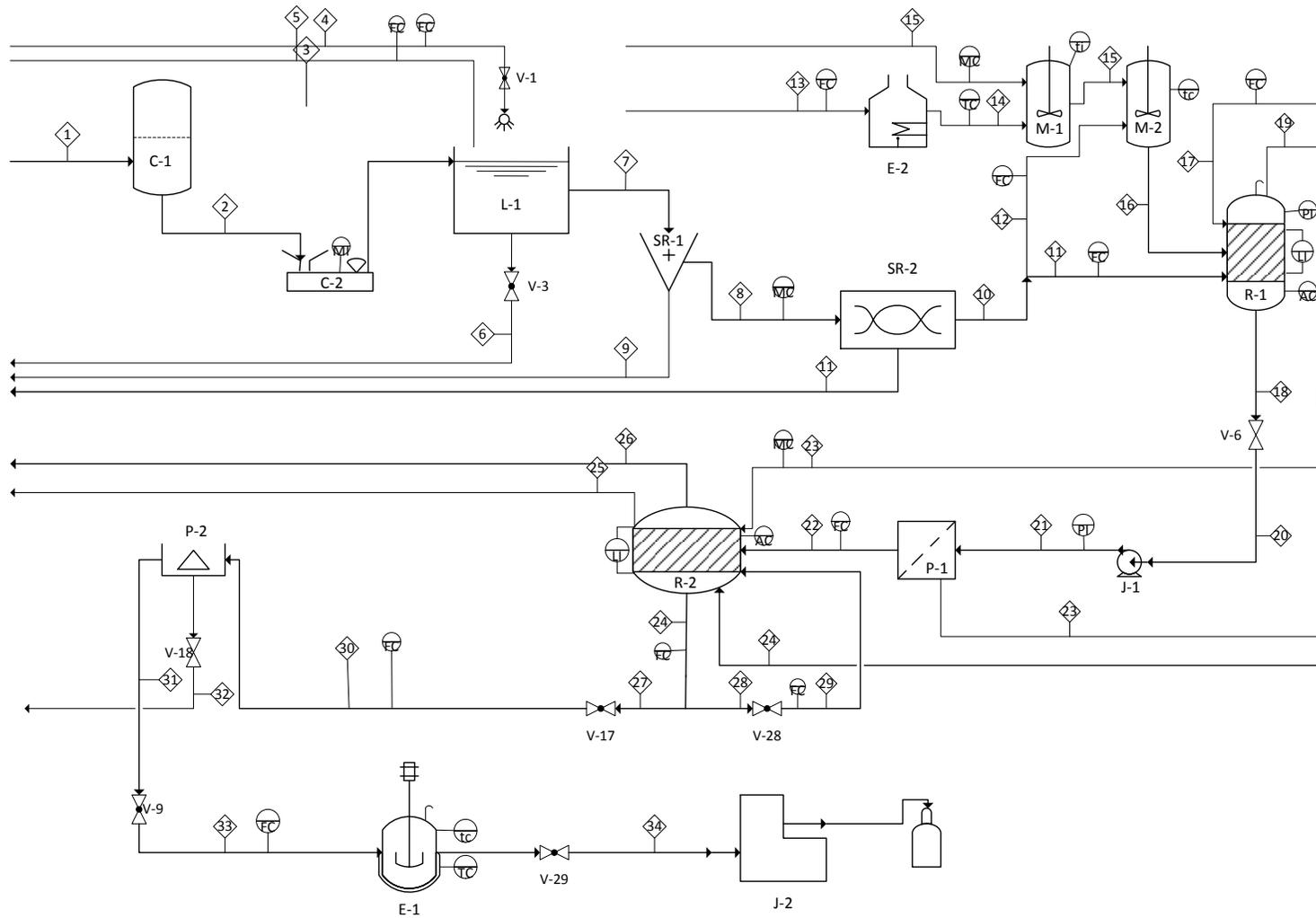
El porcentaje en masa de sólidos solubles se obtiene directamente si se usa un aparato que de la lectura expresada como tal, o por medio de tablas si la da en términos del índice de refracción. Luego, si es necesario, se corrige a la temperatura de 30°C.

Anexo 30 Formato para el registro de corridas

Registro de proceso							
Responsable				Lote			
Pesado				Fermentación acética			
Fecha de inicio		Peso total (kg)		Fecha de inicio		Observaciones	
Hora de inicio				Hora de inicio			
Fecha de fin				Fecha de fin			
Hora de fin				Hora de fin			
Trozado				Filtro prensa			
Fecha de inicio		Peso merma(kg)		Fecha de inicio		Peso inicio(kg)	
Hora de inicio				Hora de inicio			
Fecha de fin				Fecha de fin		Peso final(kg)	
Hora de fin				Hora de fin			
Extracción				Centrifugación			
Fecha de inicio		Peso hollejo(kg)		Fecha de inicio		Peso inicio(kg)	
Hora de inicio				Hora de inicio			
Fecha de fin		Peso mosto (kg)		Fecha de fin		Peso final(kg)	
Hora de fin				Hora de fin			
Fermentación alcohólica				Pasteurización			
Fecha de inicio		Observaciones		Fecha de inicio		Observaciones	
Hora de inicio				Hora de inicio			
Fecha de fin				Fecha de fin			
Hora de fin				Hora de fin			

Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 31. Diagrama de procesos



Fuente: Elaboración propia (2017)

Equipos	
Código	Descripción
C-1	Jabas
E-1	Recipiente de pasteurización
E-2	Olla de calentamiento
J-1	Bomba de filtro prensa
J-2	Envasadora
L-1	Cubas lavado
M-1	Olla de disolución
C-2	Balanza
P-1	Filtro prensa
P-2	Centrifugadora tubular
R-1	Fermentador alcohólico
R-2	Fermentador acético
SR-1	Trozadora
SR-2	Extractora

Anexo 32 Aditivos del vinagre

Componente	Nivel máximo
Antioxidantes	Dióxido de Azufre: 70 mg/kg. L- ácido ascórbico: 400 mg/kg.
Colorantes	Caramelo I – simple: GMP. Caramelo IV - sulfito de amonio Procesado: 50 g/kg. Caramelo III – amonio procesado: 1 g/kg.
Realzantes de Sabor (Glutamato de Monosodio, Glutamato de Monopotasio, Glutamato de Calcio)	5g/kg.
Estabilizante(Polinonilpirrolidona)	40 mg/kg.
Contaminantes	As y/o Pb: 1 mg /kg

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1987)

Anexo 33 Composición del vinagre según norma técnica europea.

Característica	Nivel
Acidez total (expresada en g/L de ácido acético)	No menor a 50 g/L.
Alcohol	Máximo 0,5 % (v/v)
Acetoína	Mín. 30 mg/L
Extracto seco	Mín. 1.2 g/L
Aerobios mesófilos	-
Coliformes	-
<i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i>	-
Mohos y Levaduras	-

Nota: Tomado de R.D. 2070/93, B.O.E – A 2012-5529

Anexo 34. Composición microbiológica del vinagre

Agente Microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10^5	10^6
Mohos	2	3	5	2	10^3	10^4
Coliformes	5	3	5	2	10^2	10^3
Salmonella sp.	10	2	5	0	Ausencia/25g	-

Nota: Tomado de NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01

Anexo 35 Características físico-químicas del vinagre de vino

Tomadas de NTP 209.020:1970 (revisada el 2012) de INACAL.

- Densidad a 20°C: 1,010 a 1,023
- pH potenciométrico , mínimo 2,6
- Acidez total en gramos de ácido acético por 100 ml, mínimo: 4
- Alcohol en volumen a 20°C, máximo: 1%
- Cenizas totales, mínimo: 0,1%

Anexo 36 Métodos históricos de elaboración de vinagre

A) Cultivo superficial o proceso lento

- **Método Orleans**

Ya mencionado en el punto 3.2.5.2.

- **Método luxemburgués**

Este método emplea bacterias acéticas inmovilizadas sobre virutas de haya que se encuentran en la zona superior de una cuba giratoria horizontal.

De esta manera el líquido a fermentar que ingresa por una abertura en la zona superior de la cuba, entra en contacto con dichas virutas y está íntimo contacto con las bacterias; asentándose el líquido en la zona inferior, luego se gira la cuba para contactar nuevamente el líquido con las bacterias, y el proceso se repite hasta de producirse la fermentación acética deseada; se extrae una cuarta parte de volumen de vinagre, y se ingresa en mismo volumen, un nuevo líquido a fermentar. Dicho método logra mejorar el tiempo de acetificación del método Orleans.

- **Método de Schützenbach o alemán**

Consiste en el empleo de toneles o generadores verticales, de madera de encina, normalmente con doble fondo:

- Sobre el primer fondo, agujereado, se disponen una serie de capas de virutas de madera, impregnadas de vinagre de buena calidad.
- Sobre el borde superior lleva un diafragma perforado, con los orificios obturados con algodón.

El proceso consiste en hacer percolar, a períodos regulares, el mosto desde la parte superior a la inferior, donde experimenta un íntimo contacto con las virutas de madera impregnadas de la *Acetobacter*, a la vez que burbujea el aire que existe entre las virutas. El vinagre, ya obtenido, se extrae por la parte inferior. El sistema se continúa, volviendo a reconducir, mediante bombeo

adecuado desde la parte inferior a la superior, el mosto en fase de acetificación, hasta la transformación completa en vinagre.

B) Cultivo sumergido o proceso rápido

El método de fermentación sumergida, o rápida, se basa en la presencia de un cultivo de bacterias sumergidas libremente en el seno del líquido a fermentar, en el que constantemente se introduce aire (sólo, o enriquecido con oxígeno) en condiciones que permitan la máxima transferencia posible, desde la fase gaseosa a la fase líquida. Es decir, en este caso no existe soporte alguno para las bacterias. A diferencia del procedimiento en superficie, las bacterias acéticas se encuentran inmersas en el líquido de fermentación, sin ningún soporte, pero en íntimo contacto con el oxígeno del aire.

El primer equipo utilizado de este método es el primitivo generador Frings, patentado en 1932, y que reemplazó a los antiguos generadores de relleno. Los equipos se construían en madera disponiendo de sistemas de refrigeración para regular la temperatura interna del depósito por debajo de 35° C y suministrando aire continuamente a través de las entradas distribuidas un poco por encima, del falso fondo.

Finalmente un dispositivo de aspersion lanzaba circularmente desde lo alto del generador el líquido en fase de acetificación cuya temperatura se había reducido convenientemente.

Estas mejoras condujeron a los primitivos modelos Frings a usar aire forzado en contracorriente y control de la temperatura. El proceso semicontinuo aumentaba la rapidez y los rendimientos, logrando vinagre de mayor concentración en ácido acético. El relleno se normalizó y en vez de materiales como sarmientos, trozos pequeños de carbón o cerámica, se utilizaron *virutas de haya* de determinado tamaño.

Para realizar la fermentación sumergida a nivel laboratorio es necesario el diseño de 2 reactores químicos de vidrio para la fermentación alcohólica y fermentación acética respectivamente, a los que les llamaré reactor 1 y 2. A

continuación se presentan consideraciones para el diseño mencionado de ambos reactores:

- Reactor 1: posee un desfogue de burbujas de aire para que no se acumule de CO₂ el reactor. Posee salida de caño para toma de muestras.
- Reactor 2: se adiciona burbujeo en la fermentación acética con filtro piedra pómez y bomba de pecera para reactor químico 2. Se puede comprobar la hipótesis de que con un burbujeo moderado ayuda a una mayor velocidad de fermentación. Puede incluir una salida de caños de plástico para toma de muestras.
- La mayoría de los metales deben ser evitados, con la excepción notable de acero inoxidable de calidad alimentaria que es excelente pero costoso. El aluminio es admisible sólo por períodos cortos. El hierro y el cobre no deben estar en contacto con la sidra o jugo, ya que se disuelven en el ácido de la fruta para dar extraños colores y sabores. El plomo es especialmente peligroso, ya que se disuelve para dar un compuesto dulce que es potencialmente mortal. La madera es muy permisible y por supuesto durante muchos años fue el único material posible para la fermentación y almacenamiento en cubas. Puede ser difícil de mantener limpio y libre de bacterias, pero al menos evita el riesgo de contaminación. Madera moderna recubierta con barniz de poliuretano (por ejemplo, para recipiente de la prensa) es mucho más fácil de mantener limpio de lo que es la madera sin barnizar. Para la fermentación y almacenamiento, tanques de acero inoxidable de grado alimenticio, plásticos, fibra de vidrio y resinas epoxi son generalmente preferible a la madera, porque no contienen poros donde las bacterias indeseables y moldes pueden estar al acecho. El vidrio también es muy útil en pequeña escala. Si se desea utilizar barriles de madera, se debe asegurar de que estén bien restregados, blanqueados y enjuagados o pasados al vapor de antemano. También deben ser "endulzados" con solución de dióxido

de azufre 5% antes de que se enjuague al final con agua limpia. (Lea, 2013)

- Desde el punto de vista sensorial, el cultivo estático ofrece a las bebidas fermentadas mejor aceptabilidad sensorial y la mejor alternativa para llevar a cabo la fermentación de jugo de manzana. En lote cultivos llevados a cabo en flujo de aire constante (0.28 vvm), los azúcares se agotan hacia los tres primeros días de cultivo. El consumo de oxígeno durante esta etapa mejora el crecimiento de la levadura y, como consecuencia de la velocidad de la fermentación, pero, por el contrario afecta el rendimiento de etanol. En este caso, la aireación excesiva debe evitarse a fin de mejorar el rendimiento de etanol. (Estela, Melzoch, Sakoda, & Rychtera, 2011)
- Erazo *et al.* (2001) utiliza un bioreactor acético con un dispositivo burbujeador de aire limpio, previamente filtrado en un cartucho de lana de vidrio, acondicionado en la base de estos equipos, y con un régimen de burbujeado de aproximadamente 1,5 vvm.

A escala industrial, a partir de las investigaciones, fue construido el Acetator Frings que se mantiene en funcionamiento, con algunas modificaciones, en gran parte de las fábricas de vinagre actuales.

Las ventajas de la obtención de vinagre en acetificadores sin relleno, en cultivo sumergido, son muchas:

- Son más altos los rendimientos de la transformación del alcohol en acético (hasta el 94 %), mayor la velocidad a que se desarrolla el proceso (25-30 horas)
- Uniformidad del producto y sobre todo, se puede lograr la acetificación de iguales volúmenes de alcohol en mucho menor volumen de instalación.
- Ahorro de espacio, pudiendo trabajar con dispositivos automáticos que no sólo regulen el control de la temperatura y de la aireación, sino también los ciclos de carga y descarga.

Son numerosos los equipos patentados, además del Acetator, por ejemplo Cavitator, desarrollado en U.S.A, el Vinegator de Suiza, utilizando la turbina Effigas para la producción de vinagre. La diferencia fundamental está en el diseño de la turbina de aireación.

Actualmente existen algunas nuevas patentes con sistemas de aireación basados en la autoaspiración de aire y mezclado simultáneo con el líquido. Estos nuevos aparatos se han diseñado para procesos de fermentación en general y no especialmente para la fabricación de vinagres). Pese ello, la velocidad de producción de vinagre es en estos sistemas bastante alta y los rendimientos alcanzados hasta del 90 %.

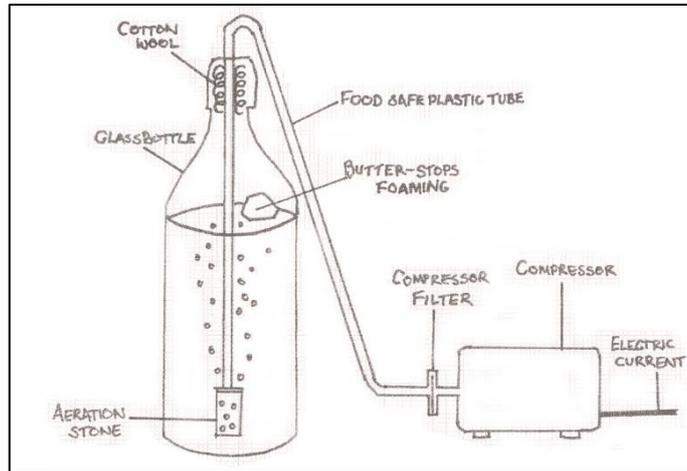
Los acetificadores de torre difieren mucho de los anteriormente descritos, que disponen de agitación mecánica con turbinas autoaspirantes. En las columnas de burbujeo, tanto la aireación como la agitación, se logran por medio de aire comprimido que se introduce a través del fondo de la torre, en la cual la relación altura-diámetro es alta.

Las burbujas que se forman son pequeñas, porque el aire se inyecta a través de una placa perforada o porosa y en algunos casos con un pulverizador. En este tipo de acetificadores de columna se ha logrado una velocidad de transferencia de oxígeno relativamente alta con un bajo gasto de energía.

Según Erazo *et al.* (2001), se le agrega inóculo de cepas activas de *Acetobacter* equivalente al 5% de volumen total de fermentación, regulando la temperatura en $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Esta etapa del proceso es aeróbico y el régimen de aire burbujeado es aproximadamente de 1,5 vvm en el caso de una fermentación sumergida.

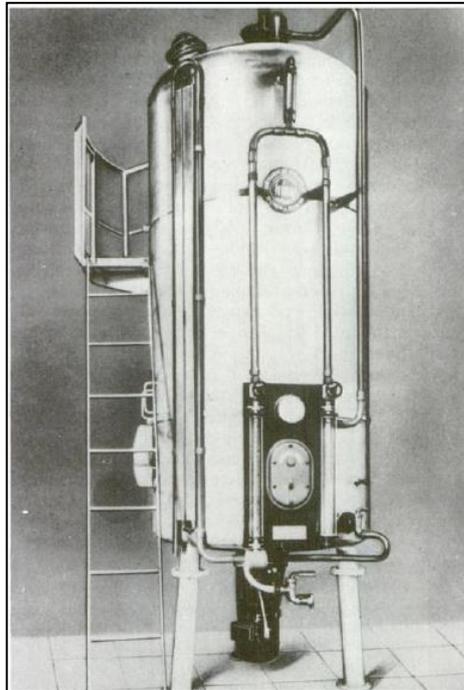
El método sumergido en laboratorio se desarrolla en sistemas como se muestran en el anexo 37, y en sistema industrial se usa equipos como Acetator Frings mostrado en el anexo 38.

Anexo 37 Fermentador acético de laboratorio – método sumergido



Fuente: Nordic Food Lab (2012)

Anexo 38: Acetator Frings de acero inoxidable.



Fuente: Llaguno & Polo (1991)

Anexo 39 Métodos utilizados para determinación de características microbiológicas de producto terminado

Análisis	Unidad	Método a usar
Coliformes	Unid/g	ISO - 4831
Aerobios mesófilos	Unid/g	ISO - 4833
Mohos	Unid/g	ISO - 4954
Salmonella sp.	Unid/g	ISO - 6579

Anexo 40 Eficiencia de la parte experimental – Fase cortado de corazón

Prueba N°	Masa manzana (kg)	Masa manzana cortada (kg)	Merma (kg)	% merma
1	10,048	9,833	0,215	2,14
2	15,098	14,135	0,963	6,38
3	15,164	14,206	0,958	6,32
4	4,985	4,66	0,325	6,52
5	6,987	6,357	0,63	9,02
6	2,925	2,685	0,24	8,21
7	4,872	4,452	0,42	8,62
8	5,008	4,605	0,403	8,05
9	4,943	4,257	0,686	13,88
10	5,04	4,584	0,456	9,05
Promedio				7,82

Anexo 41 Eficiencia de la parte experimental – Fase extracción

Prueba N°	Masa manzana cortada (kg)	Masa jugo (kg)	Masa hollejo (kg)	% Hollejo
1	9,833	7,149	2,684	27,30
2	14,135	7,920	6,215	43,97
3	14,206	10,174	4,032	28,38
4	4,66	3,071	1,589	34,10
5	6,357	4,376	1,981	31,16
6	2,685	1,717	0,968	36,05
7	4,452	2,406	2,046	45,96
8	4,605	3,180	1,425	30,94
9	4,257	3,020	1,237	29,06
10	4,584	3,420	1,164	25,39
Promedio				33,23

Anexo 42 Eficiencia de la parte experimental – Fase filtración

Prueba N°	Entrada(Kg)	Producto(Kg)	Torta(Kg)	% Torta
1	7,5	6,0	1,5	20,0
2	12,5	10,9	1,6	12,8
3	9263,0	8234,6	1028,4	11,1
Promedio				14,6

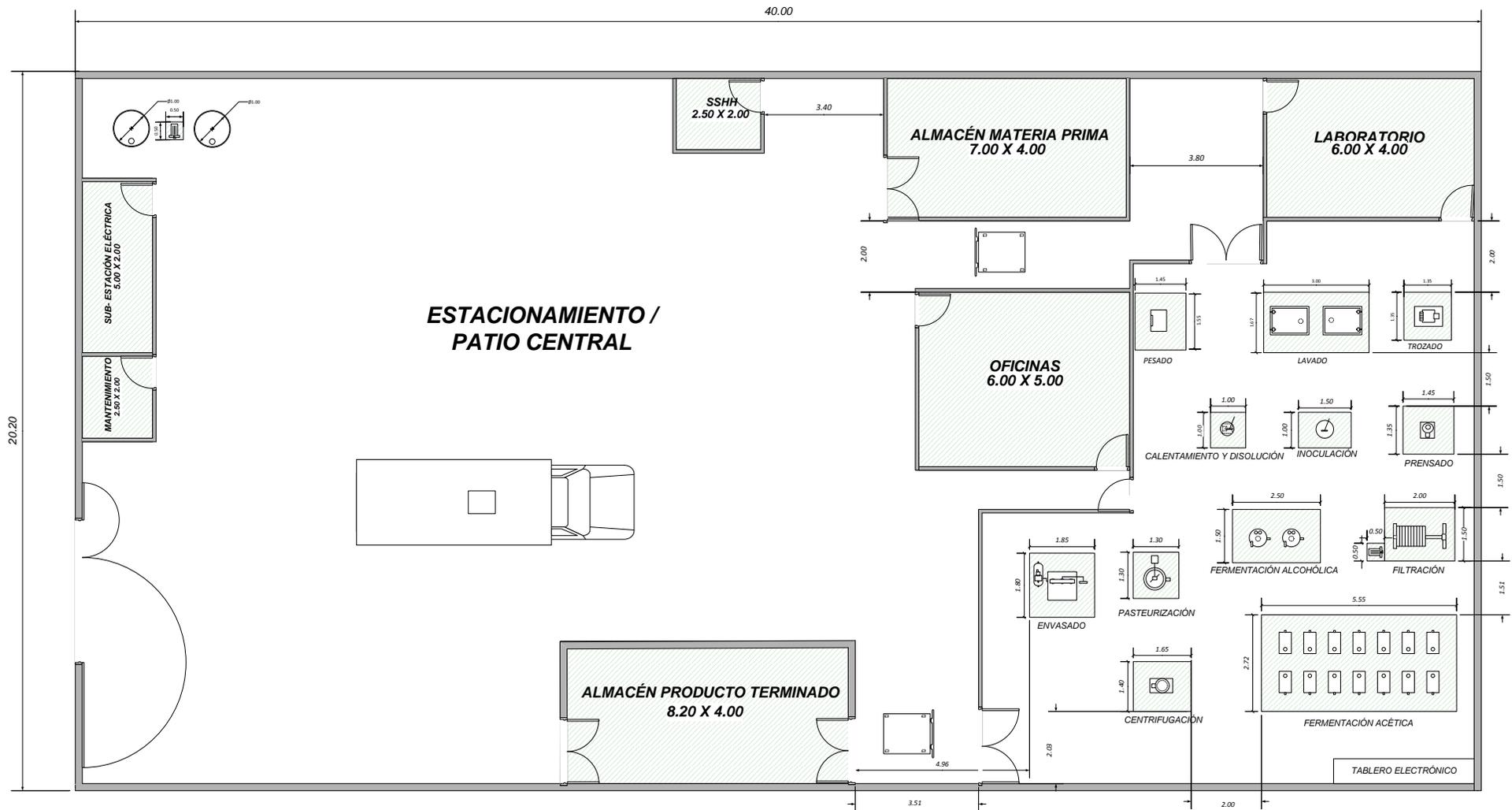
Anexo 43 pH promedio en fermentación alcohólica

Muestra	pH	T °C
0g 14°Bx	3,70	28,0
2g 14°Bx	3,55	27,8
2g 15°Bx	3,45	27,5
2g 16°Bx	3,42	27,7
0g 16°Bx	3,91	27,1
1g 14°Bx	3,69	27,4
1g 15°Bx	3,76	27,2
1g 16°Bx	3,72	27,9
Promedio	3,65	27,6

Anexo 44 pH promedio en fermentación acética

Fermentador acético	pH	T °C
Con rejilla y 2.0% ac. ac.	2,99	27,3
Con rejilla y 2.5% ac. ac.	2,93	27,2
Con rejilla y 3.0% ac. ac.	2,88	27,2
Sin rejilla y 2.0% ac. ac.	2,90	27,1
Sin rejilla y 2.5% ac. ac.	2,85	27,4
Sin rejilla y 3.0% ac. ac.	2,87	27,6
Promedio	2,90	27,3

Anexo 45. Plano de planta



Fuente: Elaboración propia (2017)